

**DESARROLLO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA CREACIÓN DE  
UNA POLÍTICA DE TARIFAS EN EL TRANSPORTE FLUVIAL EN LA CUENCA  
DEL MAGDALENA**

**IDALINA MARENCO MEDINA  
JONATHAN SANDOVAL KARAM  
MICHAEL SANDOVAL KARAM**

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA – CUC  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BARRANQUILLA  
2015**

**DESARROLLO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA CREACIÓN DE  
UNA POLÍTICA DE TARIFAS EN EL TRANSPORTE FLUVIAL EN LA CUENCA  
DEL MAGDALENA**

**IDALINA MARENCO MEDINA  
JONATHAN SANDOVAL KARAM  
MICHAEL SANDOVAL KARAM**

**Proyecto de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial**

**Asesor  
NILSON HERAZO  
Ingeniero Industrial  
Co-Asesor  
SANTIAGO NIETO ISAZA  
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA – CUC  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BARRANQUILLA  
2015**



UNIVERSIDAD  
DE LA COSTA  
1970

Personería Jurídica N° 352 Abril 1971 • Barranquilla - Colombia

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ACTA DE SUSTENTACIÓN Y APROBACIÓN DE TRABAJO DE GRADO**

El día 27 de agosto del 2015 se da aprobación al Trabajo de Grado de los estudiantes que se mencionan a continuación el cual fue evaluado por los jurados Carlos Uribe Martes y José Ferro Correa como DTC del área de Ingeniería Industrial. A continuación se relaciona la información pertinente.

PROYECTO DE GRADO	ESTUDIANTES	IDENTIFICACIÓN	TUTOR
DESARROLLO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA CREACIÓN DE UNA POLÍTICA DE TARIFA EN EL TRANSPORTE FLUVIAL EN LA CUENCA DEL MAGDALENA.	IDALINA ROSA MARENCO MEDINA	55.313.081	NILSON HERAZO PADILLA.
	MICHAEL SANDOVAL KARAM	1.042.348.307	<b>CO-TUTOR</b>  SANTIAGO NIETO ISAZA
	JONATHAN SANDOVAL KARAM	1.042.349.644	

Se firma la presente en la ciudad de Barranquilla, a los diez (27) días del mes de Agosto de 2015.

Cordialmente;

  
**MSc. CARLOS URIBE MARTES**

Jurado 1

  
**MSc. JOSE FERRO CORREA**

Jurado 2

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Barranquilla, 17 de Marzo de 2015.



A nuestros padres, hermanos y abuelos,  
y en especial a Dios fuente de inspiración  
para este proyecto.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **IDALINA MARENCO MEDINA**

Gracias a Dios por guiar mi camino profesional y por ayudarme a culminar esta gran meta en mi vida.

Gracias a mis padres y hermanos por apoyarme en cada una de mis decisiones y por darme la fortaleza que necesite durante este arduo camino.

Gracias a los Ingenieros Santiago Nieto y Nilson Herazo por confiar en esta idea de trabajo y por brindar siempre un soporte incondicional.

Gracias a Señor Wilson Ospina de la Inspección Fluvial de Barrancabermeja por brindarnos la información necesaria para llevar a cabo con éxito este proyecto.

Gracias al Gerente de Operaciones Jaime Velásquez por su asesoría y suministro de información.

### **JONATHAN SANDOVAL KARAM**

Desarrollar un proyecto de grado es una tarea compleja pero al mismo tiempo gratificante, y no habría sido posible sin el apoyo y colaboración de personas y organizaciones que, de una u otra manera, son también parte de su alma.

Para ello queremos expresar nuestro enorme agradecimiento al Ingeniero Nilson Herazo y Santiago Nieto asesores del presente trabajo y a todos los miembros de la facultad de ingeniería de la Universidad de la Costa en especial a los integrantes del programa de Ingeniería Industrial.

A todos los colaboradores del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, IDEAM, y de La Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena, CORMAGDALENA, por su ayuda para que este proyecto pudiese ser posible.

Y, por supuesto, con especial cariño a nuestros padres, hermanos, abuelos y todas nuestras familias y amigos por su apoyo y aliento brindados con el más humilde de interés, el de poder vernos realizados profesionalmente

## **MICHAEL SANDOVAL KARAM**

Ante todo agradezco a Dios por su bendición, todos mis triunfos son para su gloria. De igual forma a mis padres y abuelos, quienes con su paciencia y amor me impulsaron cada segundo para alcanzar esta meta, a mis hermanos quienes siempre estuvieron pendientes apoyándome y animándome. A mis familiares y amigos más cercanos, quienes siempre se interesaron e involucraron para culminar este proyecto. A Nilson Herazo y Santiago Nieto, quienes incansablemente con mucha dedicación supieron orientarnos y explotar nuestro potencial. A todos muchas gracias.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. TITULO DE LA INVESTIGACIÓN	20
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	21
2.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA	21
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	23
3. OBJETIVOS	25
3.1 OBJETIVO GENERAL	25
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
3.2.1 Desarrollar modelos de simulación que permitan modelar la navegación en la corriente del Magdalena entre Barranquilla, Cartagena y Barrancabermeja y los costos que están incluidos en este servicio.	25
3.2.2 Definir las variables no controlables que influyen directamente en la operación del transporte fluvial.	25
3.2.3 Definir un modelo tarifario de acuerdo a los diferentes fenómenos naturales que afectan la navegación en la corriente del Magdalena.	25
4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	26
4.1 JUSTIFICACIÓN	26
4.2 DELIMITACIÓN	30
4.2.1 Alcance.	30
4.2.2 Limitaciones.	30

	pág.
5. MARCO DE REFERENCIA	31
5.1 ESTADO ACTUAL DE LA TÉCNICA	31
5.2 MARCO TEÓRICO	34
5.2.1 Simulación.	34
5.2.2 Transporte fluvial.	38
5.2.3 Historia y desarrollo de la navegación en el Rio Magdalena.	38
5.3 MARCO CONCEPTUAL	46
5.3.1 Conceptos a fines con la navegación y transporte fluvial.	46
5.3.2 Conceptos afines con el modelo de simulación.	57
5.4 MARCO ESPACIAL	59
6. DISEÑO METODOLÓGICO	60
6.1 TIPOS DE ESTUDIO	60
6.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	60
6.3 FUENTES DE INFORMACIÓN	61
6.3.1 Fuentes Directas y Primaria.	61
6.3.2 Fuentes Secundarias.	61
6.4 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	61
6.5 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	65

	pág.
6.6 ANÁLISIS DEL SISTEMA	66
6.6.1 Entidades.	66
6.6.2 Atributos.	67
6.6.3 Variables.	70
6.7 DESCRIPCIÓN DEL MODELO	75
7. ANÁLISIS Y RESULTADOS	81
8. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO.	94
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	96
9.1 CONCLUSIONES	96
9.2 RECOMENDACIONES	97
BIBLIOGRAFÍA	98
ANEXOS	102

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparación sistemas de transporte.	27
Tabla 2. Principales empresas de transporte fluvial de carga en Colombia.	28
Tabla 3. Nomenclatura de convoy de carga.	54
Tabla 4. Descripción de Entidades.	66
Tabla 5. Descripción de Atributos.	67
Tabla 6. Descripción de Variables.	70
Tabla 7. Consideraciones para la optimización en OptQuest.	77
Tabla 8. Frecuencia de viaje por remolcador.	82
Tabla 9. Condiciones climáticas año 2009.	85
Tabla 10. Consolidado tarifas Remolcador Tipo 02.	87
Tabla 11. Consolidado tarifas Remolcador Tipo 07.	89
Tabla 12. Consolidado tarifas Remolcador Tipo 13.	91
Tabla 13. RPM sugeridas por tramo.	93

## LISTA DE GRAFICAS

Gráfica 1. Beneficios transporte fluvial.	22
Gráfica 2. Diagrama Causa-Efecto.	24
Gráfica 3. Capacidad de carga por empresa.	29
Gráfica 4. Programa preservación y ordenamiento de la cuenca del Rio Magdalena.	43
Gráfica 5. Programa recuperación de la navegación y navegabilidad.	43
Gráfica 6. Aprovechamiento de los recursos naturales de la jurisdicción.	44
Gráfica 7. Programa fortalecimiento institucional.	45
Gráfica 8. Resumen avance plan de acción.	45
Gráfica 9. Frecuencia de viajes por remolcador.	83
Gráfica 10. Niveles del rio. Barrancabermeja (2009).	84
Gráfica 11. Diagrama caja y bigote tiempos de viaje por remolcador.	95



## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Remolcador-barcazas vista superior.	26
Ilustración 2. Remolcador-barcazas vista lateral.	27
Ilustración 3. Bote cargado en pacha.	48
Ilustración 4. Bote cargado en puya.	48
Ilustración 5. Bote cargado en pistola.	49
Ilustración 6. Botes en puya vacíos.	49
Ilustración 7. Botes cargados o vacíos.	49
Ilustración 8. Botes cargado o vacíos en pistola opción #1.	50
Ilustración 9. Botes vacíos diferentes dimensiones.	50
Ilustración 10. Conformación botes.	51
Ilustración 11. Conformación en pacha.	51
Ilustración 12. Botes cargados o vacíos en pistola opción #2.	51
Ilustración 13. Botes cargados o vacíos en pistola opción #3.	52
Ilustración 14. Botes cargados o vacíos en pistola opción #4.	52
Ilustración 15. Botes cargados o vacíos en puya.	53
Ilustración 16. Botes cargados o vacíos en plancha opción #1.	53
Ilustración 17. Botes cargados o vacíos en plancha opción #2.	54
Ilustración 18. Representación de un sistema.	58
Ilustración 19. Muestra de la información de caudales adquirida del IDEAM.	62
Ilustración 20. Muestra velocidad del río.	63
Ilustración 21. Muestra del modelo desarrollado en RockWell Software Arena®.	64
Ilustración 22. Esquema modelo de simulación.	75

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. RPM iniciales sin ser optimizadas del RR02.	102
Anexo B. Tiempos de viajes iniciales del RR02.	106
Anexo C. Consumo de combustible inicial del RR02.	110
Anexo D. RPM iniciales sin ser optimizadas del RR07.	114
Anexo E. Tiempos de viajes iniciales del RR07.	118
Anexo F. Consumo de combustible inicial del RR07.	122
Anexo G. RPM iniciales sin ser optimizadas del RR13.	126
Anexo H. Tiempos de viajes iniciales del RR13.	130
Anexo I. Consumo de combustible inicial del RR13.	134
Anexo J. RPM optimizadas del RR02.	138
Anexo K. Tiempos optimizados del RR02.	142
Anexo L. Consumo de combustible optimizado del RR02.	146
Anexo M. RPM optimizadas del RR07.	150
Anexo N. Tiempos optimizados del RR07.	154
Anexo O. Consumo de combustible optimizado del RR07.	158
Anexo P. RPM optimizadas del RR013.	162
Anexo Q. Tiempos optimizados del RR013.	166
Anexo R. Consumo de combustible optimizado del RR013.	170
Anexo S. Viajes mensuales 2009 RR02.	174
Anexo T. Viajes mensuales 2009 RR07.	180
Anexo U. Viajes mensuales 2009 RR13.	186
Anexo V. Tarifas de viajes empresa naviera del sector para validación del modelo.	192
Anexo W. Informe transporte fluvial de carga.	193
Anexo X. Tablas de Excel transporte fluvial de carga.	194

## **GLOSARIO**

**BARCAZA:** artefacto naval sin propulsión propia. (Servicio Portuario, 2006).

**BATIMETRÍA:** representa la morfología o relieve del fondo marino, es el equivalente submarino de la altimetría. Consiste en determinar la profundidad midiendo el tiempo que le toma a una onda acústica, enviada desde el barco, viajar a través del agua hacia el fondo marino y luego volver al barco (Mar, 2011).

**CARGA:** conjunto de efectos o mercancías que para su transporte de un puerto a otro se embarcan y estiban en una nave o barcaza. (Servicio Portuario, 2006).

**MUELLE:** es el sitio adecuado en el puerto o en la ribera de una vía fluvial, en donde atracan las embarcaciones para efectuar el cargue y descargue de personas, animales o cosas. (Cormagdalena, 2006).

**PASO:** es la distancia teórica que viaja una propela en un eje imaginario al revolucionar 360 grados. (Mundo Náutico, 2015).

**PROPELA:** elemento de propulsión para naves. (Mundo Náutico, 2015).

**PUERTO:** localidad geográfica y unidad económica de una localidad donde se ubican los terminales, las infraestructuras e instalaciones terrestres y acuáticas, naturales o artificiales acondicionados para el desarrollo de la actividad portuaria. (Servicio Portuario, 2006).

**PUERTO FLUVIAL:** es el lugar situado sobre la ribera de una vía fluvial navegable, adecuado y acondicionado para el desarrollo de las actividades fluviales. Puede ser público si está destinado a la prestación de un servicio de esta categoría y puede ser privado sí, debidamente autorizado por el Ministerio de Transporte, realiza la explotación privada de una actividad fluvial. (Cormagdalena, 2006).

**RECARGOS:** son valores adicionales que se aplican sobre la tarifa básica, para compensar las variaciones en los costos o en las operaciones. (Cormagdalena, 2006).

**REMOLCADOR O PROPULSOR:** navío cuya función consiste en trasladar a otros buques que no se pueden propulsar por su propia fuerza motriz y aun conjunto de artefactos navales conformando un convoy. (Cormagdalena, 2006).

**RIO ABAJO (DOWNSTREAM):** a favor de la corriente.

**RIO ARRIBA (UPSTREAM):** contra la corriente.

**RPM:** revoluciones por minuto. (Mundo Náutico, 2015).

**TARIFA BÁSICA:** costo específico de transporte para un producto determinado entre dos áreas geográficas. (Cormagdalena, 2006).

**TRANSPORTE FLUVIAL:** es aquel destinado a ejecutar el traslado de personas, animales o cosas por las vías fluviales, mediante embarcaciones. (Cormagdalena, 2006).

**VÍAS FLUVIALES:** son los ríos, canales, caños, lagunas, lagos, esteros, ciénagas, embalses, represas y bahías de aguas tranquilas alimentadas por ríos y canales que permitan la navegación. (Cormagdalena, 2006).

## RESUMEN

En esta investigación se propone simular un modelo determinístico en el cual no se contempla el azar y la información de entrada resultará en las mismas salidas, con datos hidrodinámicos y datos históricos de número de viajes fluviales, para la creación de una política de tarifas en el transporte fluvial en la cuenca del Magdalena supliendo así la necesidad que tienen las empresas de transporte fluvial de ser más precisas al momento de la asignación de tarifas, lo que les permitirá formalizar sus costos variables los cuales son afectados por el caudal del río, por los distintos fenómenos de El Niño y La Niña y la magnitud de estos en el año, teniendo en cuenta que estas variables no controlables influyen directamente en los costos más representativos de la operación como el consumo de combustible y tiempo de operación. El modelo determinístico se realiza en cuatro etapas, la primera donde se definen las variables compuestas por condiciones hidro-meteorológicas, flota de remolcadores, convoyes, sectores de la cuenca del Río Magdalena, puertos de salida y entrada Barranquilla, Cartagena y Barrancabermeja. En la segunda etapa se diseñó el modelo e incluyen datos reales de las variables anteriores. En la tercera etapa se corre el modelo realizado en RockWell Software Arena® obteniendo una solución optimizada y por último se adquieren los resultados. La validación se realiza con controles dentro del modelo y consulta a un experto lo que arrojo como óptimo las tarifas proporcionadas y un ahorro de tiempo y consumo de combustible en la operación aumentado así la rentabilidad de la misma, no es posible mencionar un porcentaje específico porque cada operación es distinta y las condiciones meteorológicas inestables.

**Palabras claves:** determinístico, hidrodinámico, tarifas, transporte fluvial, Río Magdalena, fenómeno del niño y niña, hidro-meteorológicas, remolcadores, convoy, RockWell Software Arena.

## ABSTRACT

This research purposes to simulate a deterministic model in which randomness is not contemplated and the inputs will result in the same outlets, using hydrodynamic data and historical data regarding the inland waterway trips in order to design a policy rates for load transportation through the Magdalena river basin, supplying the needs of inland waterway transportation companies to provide rates that are more accurate to their customers. This will allow them to formalize their variable costs which are affected by the river's flow, the El Niño and La Niña Phenomenon and their magnitude in the year; considering that, these uncontrollable variables affect directly the most representative operating costs like fuel consumption and times of operation. The deterministic model is divided into four stages, the first stage where are defined the variables that consist of hydro-meteorological conditions, tugboat fleet, convoys, sectors of the Magdalena River basin, inlet and outlet ports of Barranquilla, Cartagena and Barrancabermeja. In the second stage, the model was designed including real data of the variables mentioned before. In the third stage, the model built in Rockwell Software Arena is run obtaining an optimized solution and finally the results are acquired. Validation is performed with controls within the model and consulting an expert, which gave as optimal results the rates provided, saving time and fuel consumption in the operation, increasing the profitability of this. It is not possible to mention a specific percentage because each operation is different and the unstable weather conditions.

**Key words:** deterministic, hydrodynamic, rates, inland waterway transport, Rio Magdalena, El Niño phenomenon, La Niña phenomenon, hydro-meteorological, tugboats, convoy, RockWell Software Arena.

## INTRODUCCIÓN

La actividad comercial del mundo globalizado actual se soporta por la capacidad que tiene cada país para mover y trasladar sus bienes de forma eficiente y eficaz. Técnicas como la mejora continua y herramientas de soporte para la toma de decisiones entre otras, pueden servir a que las compañías alcancen altos niveles de efectividad a través de la estandarización de sus operaciones y el registro más detallado de sus actividades dado al dinamismo al que se enfrentan constantemente.

Colombia es un país que cuenta con una posición geográfica ideal para el transporte de carga, y en los últimos años se han planteado varios proyectos de mejoramiento de las vías férreas, carreteras, infraestructura aérea, marítima y de las vías fluviales, estas últimas son en un orden de avance las que menos registran niveles de inversión en infraestructura. Históricamente, en su mayoría la inversión pública se ha destinado al modo carretero. La participación de este modo en la inversión total creció aún más después del 2005, desde entonces se ha situado entre el 82% y el 94% de la total. Los demás modos tienen una participación menor en la inversión total. El modo férreo tuvo un pico de inversión: en 2003-2004 la inversión alcanzó a ser del 9,6% de la inversión total. Los modos fluvial y marítimo presentan las menores fluctuaciones. La participación de la inversión en estos modos como porcentaje de la total tuvo su pico en el 2007 siendo de 2,2% para el modo marítimo y 3,8% para el fluvial<sup>1</sup>. Pero teniendo en cuenta que en el transporte multimodal todos los eslabones deben trabajar sincronizados Colombia está trabajando en su hidrovía más importante con el proyecto de recuperación de la navegabilidad del Río Magdalena en el cual se proyectan obras de dragado que mantenga el canal navegable durante todo el año con 7 pies. Sin embargo el problema del transporte fluvial no solo radica en el nivel de profundidad del río, sino también en que la mayoría de las compañías de transporte fluvial de carga actuales carecen de técnicas y herramientas de optimización y control que soporten la toma de decisiones para la asignación de tarifas de transporte de carga y el análisis de fenómenos naturales dinámicos a los cuales se deben enfrentar durante todo el año como el fenómeno de El Niño y La Niña que inciden sobre las operaciones, es por esto que el objetivo de esta investigación es usar un modelo determinístico que pueda ayudar a definir una política de tarifas en el transporte fluvial en las distintas épocas del año donde prime un control en el consumible más importante de la operación: el combustible y el tiempo de viaje.

El presidente de la República de Colombia Dr. Juan Manuel Santos Calderón, ante el proyecto de recuperación de la navegabilidad del Río Magdalena afirma que El

---

<sup>1</sup> (Fedesarrollo, 2013)

mantenimiento del Canal Navegable se hará mediante obras de dragado constantes que permitirán mantener el río durante todo el año con 7 pies (2.13 metros) de profundidad, 52 metros de ancho del canal y 900 metros de radio mínimo de curvatura. Estas obras serán desde Puerto Salgar/La Dorada hasta Barranquilla, 908 kilómetros. Lo que inhabilita los niveles de profundidad del río como una limitante dentro de las operaciones de navegación<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> (Cormagdalena, 2013)



## **1. TITULO DE LA INVESTIGACIÓN**

Desarrollo de un modelo de simulación para la creación de una política de tarifas en el transporte fluvial en la cuenca del Magdalena.

## **2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **2.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA**

El transporte fluvial de carga es una de las actividades más importantes para el desarrollo socio económico de un país ya que permite la conectividad entre diferentes regiones a un bajo costo en comparación con otros medios de transporte.

El transporte fluvial en Colombia cuenta con una gran hidrovía proporcionada por el Rio Magdalena que atraviesa al país de norte a sur. Es el rio más largo y caudaloso que vierte sus aguas en el Mar Caribe y el cual sirve como medio de comunicación entre los puertos fluviales y las carreteras de acceso a las diferentes ciudades del país.

De acuerdo con lo expresado por el Ministerio de Transporte, estas vías fluviales articuladas a un sistema multimodal, a las potencialidades regionales y a los centros geoestratégicos más relevantes, permitirá que las conexiones de embarques de determinados productos como: granos, frutas o hidrocarburos, tengan unos costos más razonables y por qué no mencionarlo, más económico en comparación con los otros modos; permitirá además disminuir el flete internacional e igualmente el precio de los productos se hace también más competitivo en los mercados donde éstos se sitúan<sup>3</sup>.

Sin embargo en la actualidad la falta de una infraestructura multimodal, convierte a este medio de transporte en la alternativa menos viable para algunas compañías, debido a las demoras que esto genera lo que hace que se pierda de vista las ventajas y beneficios que este medio de transporte ofrece a nivel ambiental, disminuyendo el consumo de combustible, transporte, maximizando la integración de la red de infraestructura de transporte y comercio, aumentando la productividad y competitividad de los bienes y servicios nacionales...Véase Grafica 1...

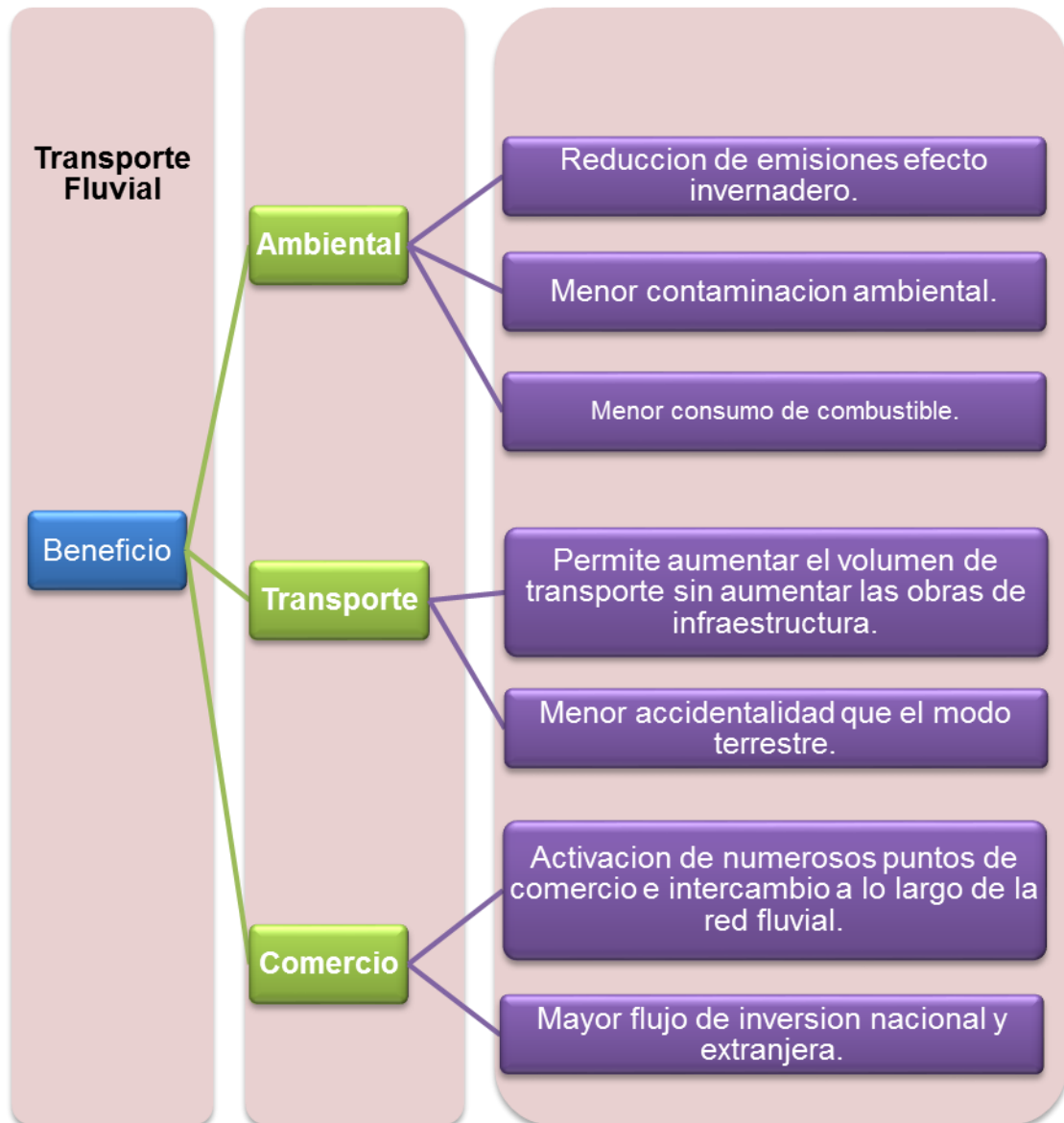
Adicionalmente las compañías de transporte que actualmente están operando en el Rio Magdalena carecen de técnicas y herramientas más eficientes para la asignación de tarifas de transporte de carga, lo cual representa una desventaja competitiva debido a que no permite determinar de forma precisa los costos de operación ocasionando pérdidas o en su defecto asignando tarifas excesivas afectando la credibilidad de la empresa.

---

<sup>3</sup> (Florez, 2006)

En la actualidad se están desarrollando proyectos referentes al transporte fluvial en el Río Magdalena como: PLAN MAESTRO DE APROVECHAMIENTO DEL RÍO MAGDALENA, OBRAS DE RECUPERACIÓN DE LA NAVEGABILIDAD DEL RÍO MAGDALENA<sup>4</sup>, sin embargo no se encontraron proyectos que modelen las variables físicas del Río Magdalena que permitan establecer una política tarifaria.

Gráfica 1. Beneficios transporte fluvial.



**Fuente:** Cormagdalena, El Río es más que agua.

<sup>4</sup> (Cormagdalena, 2013)

## 2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En Colombia, el transporte fluvial principalmente a través del Río Magdalena desde tiempos inmemorables ha ofrecido un enorme potencial para el desarrollo socioeconómico y político del país, más aún ese potencial se ha incrementado con la entrada en vigencia de los diferentes tratados de libre comercio proyectándose un aumento en los volúmenes de carga movilizados a través del río. Permitiendo esto que la inversión en la hidrovía más importante de Colombia contribuya a la competitividad del país en los mercados internacionales, disminuyendo los costos de transporte.

Sin embargo este potencial no ha sido explotado a plenitud por las empresas prestadoras del servicio de transporte fluvial, siendo este el modo más económico para movilizar volúmenes de carga, se ha convertido también en uno de los más ineficientes. En su mayoría las empresas de transporte fluvial usan herramientas poco robustas para la planeación de sus operaciones, las cuales ignoran las variables no controlables más representativas dentro del sistema de navegación como lo son las variables hidrodinámicas. Sin mencionar que el tradicionalismo con el que ejecutan sus actividades ejerce una fuerte renuencia al cambio. Sumado a la falta de recolección de información en cambio de los conocimientos empíricos del personal y el estado de navegabilidad del río, son las principales causas de los problemas que hacen de este transporte un sistema muy ineficiente...Véase Grafica 2...

Al no conocer el comportamiento de estas variables, las empresas se ven afectadas de una forma u otra estableciendo tarifas de transporte basadas en la experiencia de sus empleados ya sea empírica o formal, muy por encima o por debajo de los costos reales de operación que difieren según las condiciones del río en los diversos periodos del año.

Después de lo anterior surge el siguiente interrogante:

¿Cómo integrar las variables controlables y no controlables más representativas que intervienen en las operaciones del transporte fluvial de carga dentro de un mismo sistema que permita evaluarlas en conjunto para el establecimiento de un modelo tarifario?

Gráfica 2. Diagrama Causa-Efecto.



Fuente: Propia.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un modelo de tarifas de navegación para el transporte fluvial en la corriente del Magdalena entre Barranquilla, Cartagena y Barrancabermeja, que permita optimizar escenarios para la toma de decisiones relacionadas con las áreas comerciales y operacionales, teniendo en cuenta algunos de los factores más representativos que afectan la logística de las operaciones.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

**3.2.1** Desarrollar un modelo de simulación que permita modelar la navegación en la corriente del Magdalena entre Barranquilla, Cartagena y Barrancabermeja y los costos que están incluidos en este servicio.

**3.2.2** Definir las variables no controlables que influyen directamente en la operación del transporte fluvial.

**3.2.3** Definir un modelo tarifario de acuerdo a los diferentes fenómenos naturales que afectan la navegación en la corriente del Magdalena.

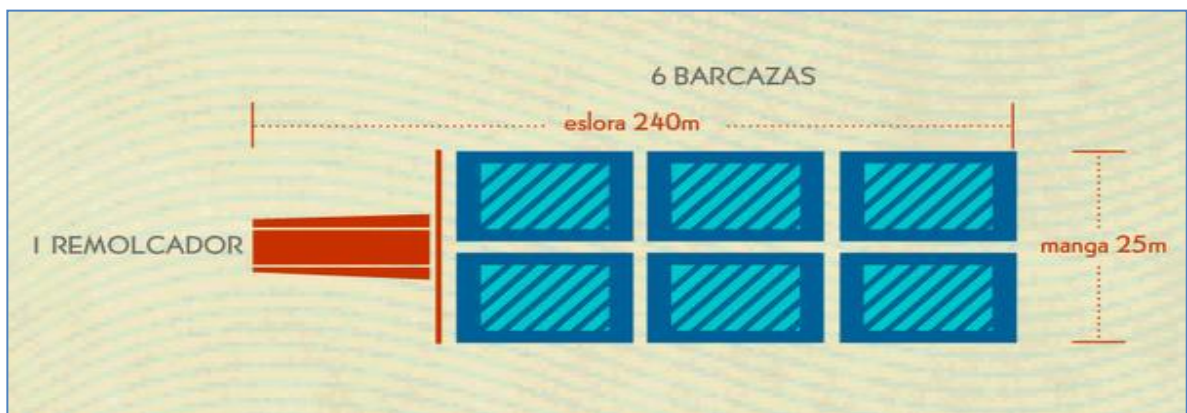
## 4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

### 4.1 JUSTIFICACIÓN

El área de influencia del Río Magdalena tiene una cobertura de 273.350 km corresponde al 24% de la superficie total del país y está siendo subutilizado por las grandes empresas productoras del interior del país, teniendo en cuenta que el sistema de transporte en Colombia está gravemente sesgado al transporte terrestre, esto posiciona en un nivel muy bajo la competitividad del transporte fluvial.

En la actualidad existen proyectos en curso como el Plan de Aprovechamiento del Río Magdalena que tienen como objetivo la recuperación del Río Magdalena como principal vía de transporte por medio de dos acciones las obras de encauzamiento y mantenimiento del canal navegable garantizando una profundidad a 7 pies<sup>5</sup> como se muestra en la siguiente ilustración...Véase también Ilustración 2....

Ilustración 1. Remolcador-barcazas vista superior.

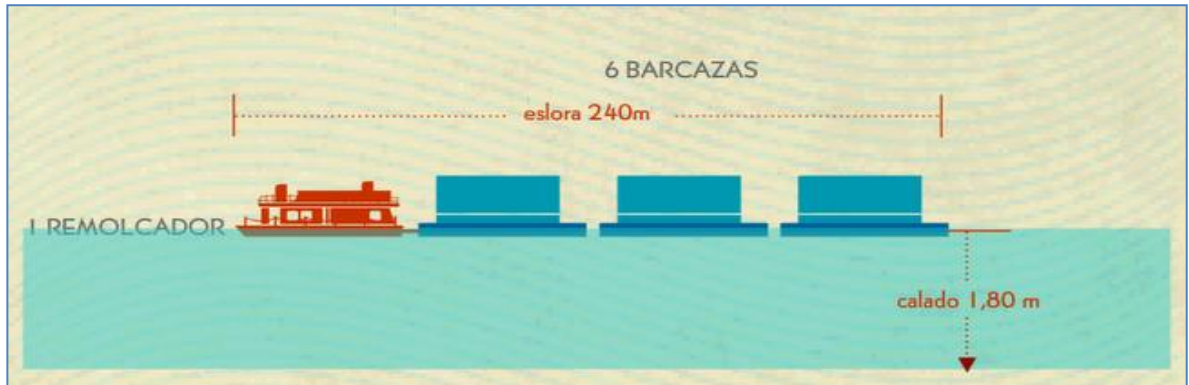


**Fuente:** Cormagdalena, El Río es más que agua.

---

<sup>5</sup> (Cormagdalena, 2013)

Ilustración 2. Remolcador-barcazas vista lateral.



**Fuente:** Cormagdalena, El Río es más que agua.

Las ventajas del transporte fluvial frente a otros medios de transporte son notables y se resumen a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 1. Comparación sistemas de transporte.

Sistema de transporte	Fluvial	Férreo	Carretero
<b>Rendimiento Combustible Lt/Tn</b>	500 Km	120 Km	15 Km
<b>Carga por Unidad</b>	1000 Tn (Barcaza)	51 Tn (Vagón)	30 Tn (Tractomula)
<b>Para transportar</b>			
<b>6000 Tn</b>	1 Convoy de 6 Barcazas	1.5 Trenes de 80 Vagones	200 Tractomulas
<b>1 Millón Tn</b>	166 Convoyes	250 Trenes	333.000 Tractomulas
<b>Costo por Km</b>	\$33 Ton/Km	\$40 Ton/Km	\$62 Ton/Km

**Fuente:** Cormagdalena, El Río es más que agua.

Con la puesta en marcha de los anteriores proyectos se observan avances físicos y de mantenimiento pero se genera una nueva problemática comercial, en cuanto



a las tarifas de transporte; a groso modo se han establecido un rango por kilómetro, pero en la práctica las tarifas varían de acuerdo al consumo de combustible y tiempo de navegación los cuales son afectados por aspectos ambientales e hidro-meteorológicos del río como son su caudal.

En Colombia la competencia comercial ha aumentado debido al ingreso de los diferentes tratados de libre comercio donde las empresas locales deberán buscar las mejores estrategias para disminuir sus costos de operación, el transporte de carga masiva por vías fluviales es la mejor opción<sup>6</sup> por lo tanto este medio de transporte también deberá mejorar sus tarifas y servicio, en Colombia existen más de 10 empresas de transporte fluvial de carga, en la siguiente tabla se muestran las más destacadas.

Tabla 2. Principales empresas de trasporte fluvial de carga en Colombia.

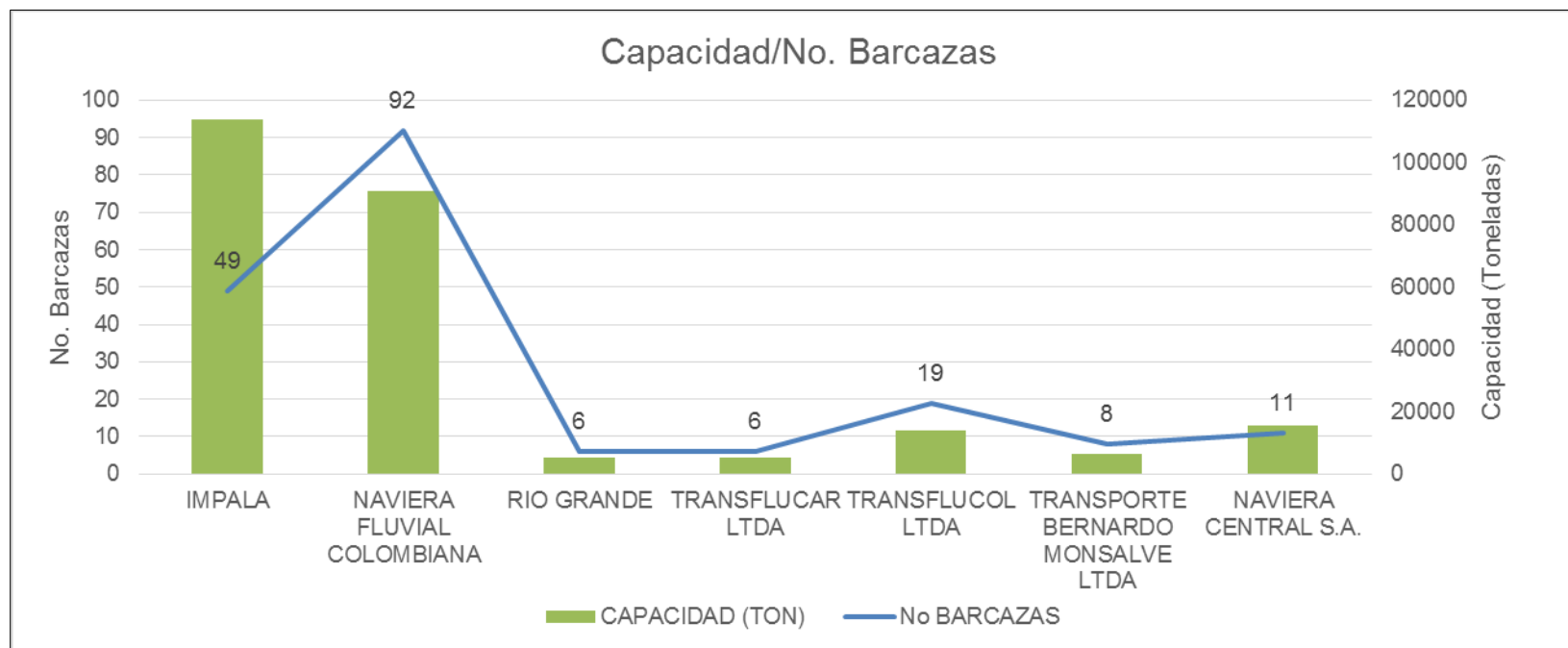
Ítem	Empresa	Remolcadores	Barcazas	Capacidad (Ton)
1	Impala	10	49	113755
2	Naviera Fluvial Colombiana	16	92	90653
3	Rio Grande	1	6	5302
4	Transflucar Ltda	2	6	5139
5	Transflucol Ltda	6	19	13829
6	Transporte Bernardo Monsalve Ltda	1	8	6206
7	Naviera Central S.A.	3	11	15450

**Fuente:** Propia.

---

<sup>6</sup> (Cormagdalena, 2013)

Gráfica 3. Capacidad de carga por empresa.



**Fuente:** Propia.

Como se observa en la gráfica anterior, únicamente dos empresas superan ampliamente al resto en número de barcazas y capacidad. Siendo IMPALA una empresa nueva en el mercado, en comparación a una de las navieras más antiguas como lo es Naviera Fluvial Colombiana la supera en capacidad con menos barcazas.

## **4.2 DELIMITACIÓN**

**4.2.1 Alcance.** El alcance del proyecto está limitado al diseño y elaboración de un modelo de soporte para toma de decisiones que simule el transporte de carga a través del Río Magdalena y permita establecer tarifas para esta actividad fluvial, lo cual abarca el análisis estadístico de datos históricos y de los arrojados por el modelo, estimando los tiempos de navegación y el consumo de combustible requerido para cada viaje en particular junto con la utilización del programa Excel y del simulador Rockwell Software Arena®.

**4.2.2 Limitaciones.** Teniendo en cuenta la confidencialidad de la información de las variables a estudiar y su medio de soporte, la recolección de datos ha sido la mayor limitante de este proyecto ocasionando una prolongación no prevista en la fase de análisis y tabulación de los mismos.

## 5. MARCO DE REFERENCIA

### 5.1 ESTADO ACTUAL DE LA TÉCNICA

Siendo el río un recurso natural que brinda una ventaja socioeconómica a cualquier región que lo integre y circunde, sorprende que aun con los avances tecnológicos que se han dado especialmente en las últimas décadas, sea poca la información que se pueda encontrar sobre su inclusión en proyectos de investigación destinados a optimizar los costos del transporte fluvial, que tengan en cuenta las variables principales que afectan esta operación, tanto las relacionadas a los medios de transporte como a las variables naturales del río. Sin embargo podemos destacar algunas investigaciones desarrolladas que incluyen el análisis de algunas de estas variables por separado, como se presentan a continuación.

C. Wang, Li Y, Y. Xu entre otros proponen un análisis técnico y económico de los convoyes que operan sobre el río Changjiang, que permita establecer una relación óptima de acoplamiento funcional entre la potencia del remolcador, el número de barcazas y la carga transportada de tal forma que tenga un impacto económico positivo en la estructura de costos de transporte. (Wang, y otros, 1981)

I.O Velednisky revisa los métodos desarrollados en el oeste y la Unión Soviética para la corrección de la resistencia del buque medida en profundidad. En estos métodos la corrección se hizo para la pérdida de la velocidad inicial  $V_0$  y para el aumento de coeficiente de resistencia residual  $E$  para los efectos de aguas poco profundas y anchura del canal limitada. (Velednitsky, Basin, & Lyakhovitsky, 1976)

John Ríos en su proyecto “DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SOPORTE PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LA PLANIFICACIÓN DE LAS OPERACIONES DE TRANSPORTE DE CARGA FLUVIAL MEDIANTE SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN HEURÍSTICA”, propone el desarrollo de un modelo de simulación basado en el algoritmo llamado búsqueda tabú, que permita minimizar la diferencia entre la capacidad del remolcador y la capacidad asignada, junto con una política de convoy libre que permita reducir los tiempos del remolcador en puerto.

Kiran J. Desai y Jerry Prock en su artículo “UN ESTUDIO DE SIMULACIÓN DE PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DEL TRANSPORTE POR VÍAS NAVEGABLES INTERIORES” describe un estudio de simulación diseñado para identificar métodos para reducir los retrasos en las esclusas. Los factores utilizados en la simulación fueron: la utilización de las

esclusas, mezcla de remolque, la distancia entre las esclusas, y las reglas de secuenciación. (Desai & Prock, 1978)

Chunxia Lu y Xiaowen Yan desarrollan en el proyecto “LA DISTANCIA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE DE MERCANCÍAS POR VÍAS NAVEGABLES Y POR CARRETERA” un modelo para el cálculo de los costes internos y externos de los sistemas de transporte por carretera y por vía navegable de mercancías y utilizan el modelo para determinar la distancia de equilibrio de los dos sistemas. El modelo se aplicó al río Yangtze en China. (Lua & Yan, 2014)

En este estudio “SIMULACIÓN DE LOS ENFOQUES ALTERNATIVOS PARA ALIVIAR LA CONGESTIÓN EN LAS ESCLUSAS EN EL SISTEMA DE TRANSPORTE FLUVIAL” L. Douglas Smith, Donald C. Sweeney II y James F. Campbell construyen un modelo de simulación de eventos discretos para investigar el impacto de las reglas de decisión alternativas y de las mejoras de infraestructura para aliviar la congestión del tráfico en una sección del sistema de navegación superior del río Mississippi. El modelo abarca una serie de cinco esclusas que sirven a remolques comerciales con muy diferentes configuraciones de barcasas, así como embarcaciones de recreo privadas. (Smith, Sweeney, & Campbell, 2009)

Koh King Koh, Hironori Yasukawa y Noritaka Hirata en el artículo “INVESTIGACIÓN DE DERIVADOS HIDRODINÁMICOS EN SISTEMAS POCO CONVENCIONALES DE DISPOSICIÓN DE REMOLCADORES Y BARCAZAS”, analizan los derivados hidrodinámicos para combinaciones poco convencionales de remolcadores con 4, 6 y 8 barcasas y su distancia de avance. (Koh, Yasukawa, & Hirata, Hydrodynamic derivatives investigation of unconventionally arranged pusher-barge systems, 2008)

En el proyecto “SIMULACIÓN DE MANIOBRAS DE SISTEMAS DE BARCAZAS” Koh Kho King, Hironori Yasukawa, Noritaka Hirata y Kuniji Kose, analizan a través de modelos cautivos, a una velocidad constante de 7 nudos la cantidad de energía que se requiere para mover una configuración de remolcador y barcasas en filas y en columnas (Koh, Yasukawa, Hirata, & Kose, Maneuvering simulations of pusher-barge systems, 2008)

Ching-Jung Ting y Paul Schonfeld realizan un estudio para determinar la posibilidad de reducir costos de combustible al disminuir la velocidad de los remolcadores antes de llegar a hacer cola o fila en las esclusas de los canales navegables. Este estudio se basa en los efectos del control de velocidad y en el

envío oportuno de la información a los operadores del remolcador. Este estudio fue titulado “EFECTOS DEL CONTROL DE VELOCIDAD EN EL COSTO DEL VIAJE DEL REMOLQUE” (Ting & Schonfeld, 1999)

Vladislav Marasš desarrolla un modelo de programación lineal mixta para evaluar si un barco o remolcador de contenedores debe ser fleteado o no. En su estudio “DETERMINACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE ÓPTIMAS EN VÍAS NAVEGABLES PARA BUQUES CONTENEDORES” determina los valores óptimos para algunos parámetros tales como tamaño del buque o remolcador, número de contenedores cargados o descargados en cada puerto, velocidad del buque, ingresos, costos y beneficios, entre otros. (Marasš, 2008)

Amy Bush, W. E. Biles y G. W. DePuy exponen en su artículo “LA NAVEGACIÓN, EL TRANSPORTE MARÍTIMO Y LOS PUERTOS: OPTIMIZACIÓN ITERATIVA Y SIMULACIÓN DE TRÁFICO DE BARCAZAS EN VÍAS NAVEGABLES INTERIORES” una técnica iterativa entre un modelo de programación lineal y un modelo de simulación para optimizar el tráfico de barcas en vías navegables. (Bush, Biles, & DePuy, 2003)

En la publicación “SIMULACIÓN DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE UNA FLOTA DE BARCAZAS POR VÍA NAVEGABLE” Swedish, J.A. expone un modelo de simulación de eventos discretos para determinar la dimensión adecuada de una flota de barcas y la asignación de recursos necesarios para cumplir con los requisitos de entrega en el transporte de productos desde un punto de origen hacia múltiples destinos a lo largo de una red de canales navegables. (Swedish, 1998)

En el artículo “OPTIMIZACIÓN DE LA INVERSIÓN EN TRANSPORTE FLUVIAL” desarrollado por Ching-Jung Ting y Paul Schonfeld se empleó el enfoque de optimización llamado SPSA (aproximación estocástica por perturbación simultánea) para optimizar las capacidades de las esclusas con el objetivo de reducir el coste de los retrasos de los remolcadores en los canales navegables. (Ting & Schonfeld, 2007)

Jing-Xin Dong y Dong-Ping Song en su artículo “DIMENSIONAMIENTO DE LA FLOTA DE CONTENEDORES Y REPOSICIONAMIENTO VACÍO EN LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE MARÍTIMO DE LÍNEA” consideran el tamaño de la flota de contenedores y el problema reposicionamiento de contenedores vacíos en múltiples buques, varios puertos y sistemas de transporte multi-viaje con demandas dinámicas, inciertas y desequilibradas de los clientes con el objetivo es reducir al mínimo los costos totales esperados incluyendo los costos de mantenimiento de inventario, costos de levantamiento y descargue, los costos de

transporte, costos de reposicionamiento, y los costos de penalización-venta perdida, mediante una herramienta de simulación para optimizar simultáneamente el tamaño de la flota de contenedores y la política de reposicionamiento vacío. El procedimiento de optimización se basa en algoritmos genéticos y estrategia evolutiva combinados con un mecanismo de ajuste. (Dong & Song, 2009)

En la publicación “PATRONES ÓPTIMOS DE FLUJO DE VEHÍCULOS DE CARGA EN SISTEMAS DE NAVEGACIÓN INTERNA” Bronzini, Michael S propone un modelo de programación lineal para determinar el flujo óptimo de barcas para el transporte de dos tipos de producto en una matriz origen destino. (Bronzini, 1976)

Como se puede observar en la revisión anterior, la mayoría de los modelos están enfocados en establecer una relación óptima entre diferentes parámetros tales como velocidad, tiempo y capacidad de carga a través de la configuración de diversas variables como lo son la secuencia u orden del remolcador y sus barcas, viajes con carga o sin ella, el tráfico de las mismas a través de las esclusas y transporte desde diferentes puntos de partida y de llegada, con el objetivo común de reducir los costos y el tiempo en la operación. Sin embargo no se encontró un estudio o modelo que articule las características hidrodinámicas de la vía fluvial y las características meteorológicas con las características técnicas de los remolcadores, sus barcas y la carga a transportar para alcanzar el mismo objetivo que proponga alguna mejora en las políticas tarifarias que actualmente se emplean.

## **5.2 MARCO TEÓRICO**

**5.2.1 Simulación.** Hoy en día es común que organizaciones incluyan modelos de simulación como proceso fundamental para el análisis de información y toma de decisiones que les permitan ser cada vez más competitivas. Modelos complejos que sin el advenimiento de las computadoras ya hace varias décadas, no se hubiesen podido desarrollar. Desde 1940 cuando empezó a aparecer el término moderno de simulación, se han venido formando diversas definiciones desarrolladas por varios estudiosos del tema las cuales tienen elementos en común y también características que los diferencian.

Robert Shannon define simulación como: “el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema” (como es citado en Bu, R. C. 2003. p.12).

Para H. Maisel y G. gnugnoli, simulación es una técnica numérica para realizar experimentos en una computadora digital. Estos experimentos involucran ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos que describen el comportamiento de sistemas de negocios, económicos, sociales, biológicos, físicos o químicos a través de largos periodos de tiempo (Como es citado en Bu, R. C. 2003. p.12).

Los anteriores conceptos solo son unos de tantos otros que se han desarrollado y que gracias al avance acelerado de la tecnología se van a seguir perfeccionando, así como también se irá ampliando el campo de aplicación en esta materia. A pesar de la gran cantidad de definiciones, muchos autores coinciden en los pasos que se deben llevar a cabo para desarrollar un modelo de simulación.

Según Raul Coss Bu autor del libro “Simulación un enfoque práctico”, los pasos necesarios para llevar a cabo un experimento de simulación son los siguientes:

- Definición del sistema. Para tener una definición exacta del sistema que se desea simular, es necesario hacer primeramente un análisis preliminar del mismo, con el fin de determinar la interacción del sistema con otros sistemas, las restricciones del sistema, las variables que interactúan dentro del sistema y sus interrelaciones, las medidas de efectividad que se van a utilizar para definir y estudiar el sistema y los resultados que se esperan obtener del estudio.
- Formulación del modelo. Una vez que están definidos con exactitud los resultados que se esperan obtener del estudio, el siguiente paso es definir y construir el modelo con el cual se obtendrán los resultados deseados. En la formulación del modelo es necesario definir todas las variables que forman parte de él, sus relaciones lógicas y los diagramas de flujo que describan de forma completa al modelo.
- Colección de datos. Es posible que la facilidad de obtención de algunos datos o la dificultad de conseguir otros, pueda influenciar el desarrollo y formulación del modelo. Por consiguiente es muy importante que se definan con claridad y exactitud los datos que el modelo va a requerir para producir los resultados deseados. Normalmente la información requerida por un modelo se puede obtener de registros contables, de órdenes de trabajo, de órdenes de compra, de opiniones de expertos y si no hay otro remedio por experimentación.
- Implementación del modelo en la computadora. Con el modelo definido el siguiente paso es decidir si se utiliza algún lenguaje como fortran, basic, algol, etc.,



o se utiliza algún paquete como GPSS, simula, simscript, etc., para procesarlo en la computadora y obtener los resultados deseados.

- Validación. Una de las principales etapas de un estudio de simulación es la validación. A través de esta etapa es posible detallar deficiencias en la formulación del modelo o en los datos alimentados al modelo.
- Experimentación. La experimentación con el modelo se realiza después que este ha sido validado. La experimentación consiste en generar los datos deseados y realizar análisis de sensibilidad de los índices requeridos.
- Interpretación. En esta etapa del estudio se interpretan los resultados que arroja la simulación y en base a esto se toma una decisión. Es obvio que los resultados que se obtienen de un estudio de simulación ayudan a soportar decisiones del tipo semi-estructurado, es decir, la computadora en si no toma la decisión, sino que la información que proporciona ayuda a tomar mejores decisiones y por consiguiente a sistemáticamente obtener mejores resultados.
- Documentación. Dos tipos de documentación son requeridos para hacer un mejor uso del modelo de simulación. La primera se refiere a la documentación de tipo técnico, es decir, a la documentación que el departamento de procesamiento de datos debe tener del modelo. La segunda se refiere al manual del usuario, con el cual se facilita la interacción y el uso del modelo desarrollado, a través de una terminal de computadora.

Las organizaciones utilizan los diferentes métodos de simulación principalmente por los beneficios y practicidad que estos ofrecen, por ejemplo permiten: una experimentación más rápida y económica de los sistemas y fácil repetitividad de los mismos, un análisis de las variable bajo condiciones extremas, un análisis de sistemas bajo inclusión o exclusión de una o más variables, comparación entre diferentes sistemas, etc. En conclusión la utilización de modelos de simulación es un aspecto importante para tomar decisiones más científicas y responsables<sup>7</sup>.

Miquel Angel Piera, en su libro “Cómo mejorar la logística de su empresa mediante la simulación”, también define unas etapas para desarrollar un proyecto de simulación. Sostiene que estas pueden ser interpretativas, analíticas o de desarrollo y aunque puedan parecer secuenciales, en la práctica no es así. Las

---

<sup>7</sup> (Bu, 2003)

etapas para desarrollar un proyecto de simulación según el autor son las siguientes:

- Formulación del problema. Define el problema a estudiar, incluyendo los objetivos escritos del problema.
- Diseño del modelo conceptual. Especificación del modelo a partir de las características de los elementos del sistema a estudiar y sus interacciones teniendo en cuenta los objetivos del problema.
- Recogida de datos. Identificar, recoger y analizar los datos necesarios para el estudio.
- Construcción del modelo. Construcción del modelo de simulación partiendo del modelo conceptual y de los datos.
- Verificación y validación. Comprobar que el modelo se comporta como es de esperar y que existe la correspondencia adecuada entre el sistema real y el modelo.
- Diseño de experimentos y experimentación. En función del modelo del estudio, desarrollar las estrategias de definición de los escenarios a simular. Experimentar.
- Análisis de resultados. Analizar los resultados de la simulación con la finalidad de detectar problemas y recomendar mejoras o soluciones.
- Documentación. Proporcionar documentación sobre el trabajo efectuado.
- Implementación. Poner en práctica las decisiones efectuadas con el apoyo del estudio de simulación<sup>8</sup>.

Se puede observar que a pesar de que la cantidad y nombre de las etapas expuestas por los autores anteriores no son exactamente las mismas, las dos en esencia predicen los mismos fundamentos.

---

<sup>8</sup> (Piera, Casanovas, & Ramos, 2013)

**5.2.2 Transporte fluvial.** El transporte fluvial en Colombia de acuerdo con el Decreto 3112/97, está definido como el transporte destinado a ejecutar el traslado de personas, animales, o cosas por las vías fluviales, mediante embarcaciones. La red fluvial nacional, está distribuida en cuatro (4) cuencas, cuyos ríos navegables cubren una extensión total de 956.425 Km<sup>2</sup> repartidos hidrográficamente así:

Colombia cuenta con una red primaria de 8.423 Km., de los cuales 1.486 km. están a cargo de Cormagdalena, la cual sirve como medio de comunicación entre los puertos fluviales y las carreteras de acceso a las diferentes capitales del país; y una red secundaria de 8.454 km., a cargo del Ministerio de Transporte, por las cuales es posible recorrer casi la totalidad del país y se caracteriza por cumplir una función de comunicación regional y local. Esta es una ventaja importante para generar el desarrollo de zonas alejadas, donde es difícil llegar por otros medios de transporte.

Sin embargo, la eficiencia del transporte fluvial (especialmente para cargas de importación – exportación) depende más de la eficiencia de los modos de transporte complementarios, que de las situaciones internas o condiciones de operación del propio modo fluvial. Es por ello, que el transporte fluvial ha llegado al nivel de subutilización actual. A los puertos no llega la infraestructura adecuada para los otros modos de transporte complementarios<sup>9</sup>.

**5.2.3 Historia y desarrollo de la navegación en el Río Magdalena.** El Río Magdalena es la hidrobia más importante de Colombia, presenta una evolución histórica que se presenta a través del tiempo.

El Río Magdalena antes de su descubrimiento tenía una vida intensa, sus pobladores lo llamaban Yuma que significaba río de los amigos. Miles de canoas surcaban sus aguas que se dirigían a los poblados ribereños para intercambiar los productos de sus cosechas por artesanías<sup>10</sup>. En sus orillas los aborígenes realizaban interminables ferias que tenían como epicentro el pueblo de Tora. En su atracadero había permanentemente piraguas dispuestas a viajar a lo largo del río transportando mercancía. Cerca de Tora fluía el río Opón, en donde se encontraban dos enramadas que servían como los terminales para los cargueros Chibchas. Los aborígenes que habitaban sus riberas en la parte baja lo llamaban Yuma, en la parte media Arli y en la parte alta Guacahayo. De igual manera, en los entornos de su desembocadura, en la región del Magdalena, los aborígenes le llamaban Kariguana y existía, en lo que hoy es Bocas de Ceniza, el denominado "sitio de Camacho" que significa "reunión" que era un sitio donde se realizaba el

---

<sup>9</sup> (Centro Náutico, 2007)

<sup>10</sup> (Quintana, 2011)

intercambio de sal y camarones que los aborígenes de Santa Marta realizaban con los naturales de esta región. Se empieza hablar así, del nacimiento de Barranquilla.

El surgimiento de Barranquilla es el producto de un proceso étnico, económico, y social determinado por su localización geográfica, pero en buena parte impulsado por gente proveniente de los más diversos lugares tales como Cartagena, Santa Marta, Mompox, Cienaga, Remolino, la península Ibérica, las islas Canarias y de los vecinos pueblos indígenas.

Esta forma de vida, de grandes intercambios entre los indígenas Caribes en la zona de su desembocadura, entre los Muisca y los Quimbayas y los Panches en la zona alta, se vio truncada por la llegada de los españoles.

Año 1501: Rodrigo de Bastidas lo descubrió cuando llegó a su desembocadura el 1º de abril, y lo llamó el río grande de La Magdalena en honor a María Magdalena.

Año 1532: Lusitano Jerónimo Melo efectuó la primera entrada por su desembocadura quien llegó hasta Mompox.

Año 1536: Gonzalo Jiménez de Quesada subió por el río hasta llegar a la sierra de Opón y de ahí al interior para fundar, dos años más tarde, a Santa Fe de Bogotá. Encandilados por la fiebre del oro, del espejismo de la leyenda del Dorado, un tropel de gentes sube sin descanso. Los españoles se mudan al Nuevo Reino de Granada y viene un gran trasteo de mercancías y animales al tiempo que se empieza a fundar caseríos en las laderas del río. La necesidad de transportar el oro a España ocasiono una vital importancia en el uso del río Magdalena convirtiendo a Mompox como epicentro de este traslado. De igual manera, cuando los españoles convirtieron a Cartagena como la puerta clave de Sudamérica tuvieron la necesidad de comunicar la ciudad con el río Magdalena y fue así como, apoyándose en ciertas ciénagas construyeron el canal del Dique. Viajar por el río era una hazañosa aventura para los audaces comerciantes que se atrevían a hacerlo. Se necesitaba entereza para permanecer dos meses viajando hasta Honda metidos en un Champan, al arbitrio de los bogas y acechados por tigres y caimanes.

Durante esta fase de colonización es fundamental mencionar el viaje de Alejandro de Humboldt, en el cual elaboró "La carta del curso del río Magdalena desde Honda hasta el dique de Mahates. Fue el primer trabajo cartográfico del río. Sin duda, la llegada de los españoles permitió el desarrollo del río Magdalena. Los

caseríos iniciales fueron creciendo y a sus tierras llegaban gentes de todas las regiones para establecerse en búsqueda de un mejor futuro. Varios puertos del río datan de aquellas fechas y aún permanecen en sus riberas como en los tiempos de la colonización. La historia que allí se tejió daría para escribir un libro solo con los detalles de todo su crecimiento<sup>11</sup>.

Después de la lograda libertad de la nación, el río Magdalena inició otra era con la introducción de los barcos de vapor. Colombia busco la manera de vincularse al mercado internacional. Ante el precario sistema de vías del país, todo se centraba en el río Magdalena.

Año 1825: dieciocho años después de la invención del primer buque de vapor por el estadounidense John Fulton, el alemán Juan Bernardo Elbers Jaeger, en cumplimiento de un privilegio que le había otorgado el congreso colombiano, introdujo el primer vapor en aguas colombianas y sudamericanas constituyéndose en el pionero del transporte moderno en el subcontinente. Por razones jurídicas, Elbers hizo de su domicilio habitual a Bogotá, pero ante una serie de problemas, le toco desplazarse a Barranquilla. Años más tarde, logro centrar su centro de operaciones en Barranquilla. Con el vapor "General Santander" llegaron extranjeros para su tripulación. Elbers enfrentó una serie de dificultades económicas y varios tropiezos en sus negocios de aserradero y astillero pero fue, sin duda, el inicio de la industrialización de Barranquilla que para esa época no superaba los 5.500 habitantes.

Año 1839 – 1847: navegaron tres vapores por el río con una capacidad de 800 toneladas.

Año 1847 – 1860: traficaron por el río once vapores con capacidad para 3.850 toneladas. De catorce empresas de navegación de vapor que existieron. Diez vapores eran de propiedad de capitales extranjeros, tres de capital nacional y una de capital mixto las que poseyeron un total de 18 vapores<sup>12</sup>.

Año 1886: se organizó la compañía Colombiana de transportes por iniciativa de Francisco Javier Cisneros, resultado de la fusión de la compañía Alemana, la compañía Internacional y la del empresario Cubano. Esta compañía se constituyó como la empresa de transportes de mayor movilización durante el siglo XIX.

---

<sup>11</sup> (Quintana, 2011)

<sup>12</sup> (Quintana, 2011)

El empuje de estas compañías origino que en Barranquilla se construyeran grandes astilleros donde se fabricaban gran parte de las piezas de los vapores y en donde se ensamblaban las partes importadas. De igual manera, este fue el primer paso para la formación de la elite empresarial de la ciudad. Fue en la navegación de vapor donde una joven generación de empresarios barranquilleros aprendió los modernos sistemas contables, entraron en contacto con la tecnología moderna y conocieron los secretos del comercio a gran escala. De esta joven generación surgiría parte de los ensayos fabriles que se escenificaron en Barranquilla durante el último cuarto del siglo XIX.

Año 1899 – 1902: La guerra de los mil días afectó a las empresas navieras disminuyendo el número de vapores de treinta que había en 1.896 a dieciocho en 1.902, volviéndose a reactivar en 1.906 con la creación de la compañía Inglesa Magdalena River Steamboat Company Ltda. Y de la compañía Antioqueña de Transportes de capital Colombiano. Para ese entonces navegaban por el río 38 vapores. Nuevamente durante la primera guerra mundial se disminuye el volumen de carga debido al cierre de algunos circuitos del tráfico internacional.

Año 1920: un estudio detallado para el mejoramiento de la navegación con la firma Alemana Julius Berger Consortion, el cual fue entregado en mayo de 1.924. Durante la ejecución de este estudio se instalaron las primeras miras o limnímetros, con las cuales se iniciaron los primeros registros de niveles a lo largo del río.

Década de los 40: se construyeron modernos muelles en los puertos de Pto. Salgar, Pto. Berrio, Barrancabermeja, Pto. Wilches. En estos sitios se instalaron limnímetros que sirvieron para medir los niveles, cuya información fue de vital importancia para los capitanes para conocer la situación del río.

Década de los 50 y 60: se introdujeron los grandes remolcadores con propulsión a hélice y motores Diesel en capacidad para transportar hasta 6.000 toneladas de carga, dicha flota está conformada por 350 remolcadores y 500 planchones. Estos fueron reemplazando poco a poco los antiguos buques a vapor.

Año 1925: Se reactiva una vez más el tráfico internacional donde existían 23 compañías de navegación destacándose la Colombian Railway and Navigation Company Ltda, la Henry Lindemeyer y Compañía, la Naviera Colombiana, la Empresa de Genaro Pérez y la empresa fluvial de Manuel Betancourt, teniendo una capacidad de 33.545 toneladas. Paralelo a esta reactivación, crecía la

industria naval y las actividades técnicas aleatorias a ella como los talleres de mecánica y fundición<sup>13</sup>.

Año 1929: Con la aparición del petróleo, en el siglo pasado, la navegación acusó un avance significativo, presentando un total de 131 vapores en el bajo y medio Magdalena. Debido a este auge el gobierno nacional contrato

Año 1991: el artículo 331 de la Constitución Política de 1991 crea la Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena S.A. – Cormagdalena.

Año 2002: se da inicio al proyecto Yuma, que busca restablecer el sistema fluvial, la recuperación de la navegabilidad y el fenómeno de actividades intermodales que desarrollen un transporte de cargas masivo con alta competitividad y seguridad<sup>14</sup>.

Año 2011: el Río Magdalena espera una acogida del sector privado para el transporte de sus cargas y que el gobierno defina las políticas, infraestructura y financiamiento de acciones conducentes al incremento de la competitividad del sector productivo, adoptando las mejores prácticas de transporte y logística en Colombia.

Año 2012 – 2014: Para este periodo se da inicio al Plan de Acción “La Gran Vía Del Transporte” que incluye cuatro programas y es desarrollado por La Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena – CORMAGDALENA. A continuación se describe cada uno de los programas incluidos en este plan:

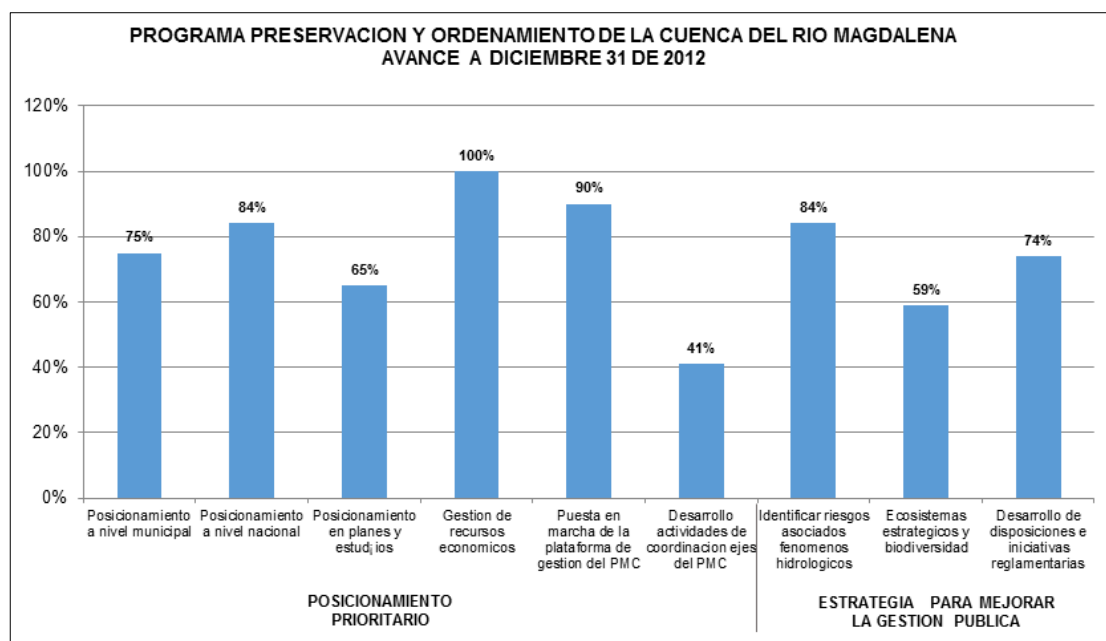
- **Programa de preservación y manejo de la cuenca.** Ejercer las funciones de coordinación y supervisión con sujeción a las normas superiores y a la política nacional sobre medio ambiente, para el manejo integral y ordenamiento hidrológico de la cuenca del Río Magdalena, con las autoridades ambientales: a partir de la puesta en marcha de los procesos operativos del PMC Plan de Manejo de la Cuenca Magdalena-Cauca... Véase Grafica 4...

---

<sup>13</sup> (Quintana, 2011)

<sup>14</sup> (Quintana, 2011)

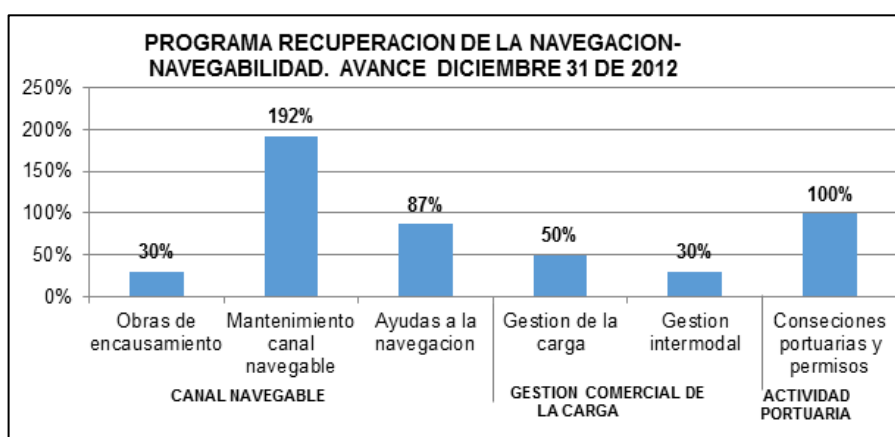
Gráfica 4. Programa preservación y ordenamiento de la cuenca del Rio Magdalena.



Fuente: Cormagdalena.

- **Programa de recuperación de la navegación.** Garantizar las condiciones técnicas, comerciales y logísticas de navegabilidad para incrementar la carga en el rio Magdalena a seis (6) millones de toneladas anuales como se muestra en la siguiente gráfica.

Gráfica 5. Programa recuperación de la navegación y navegabilidad.

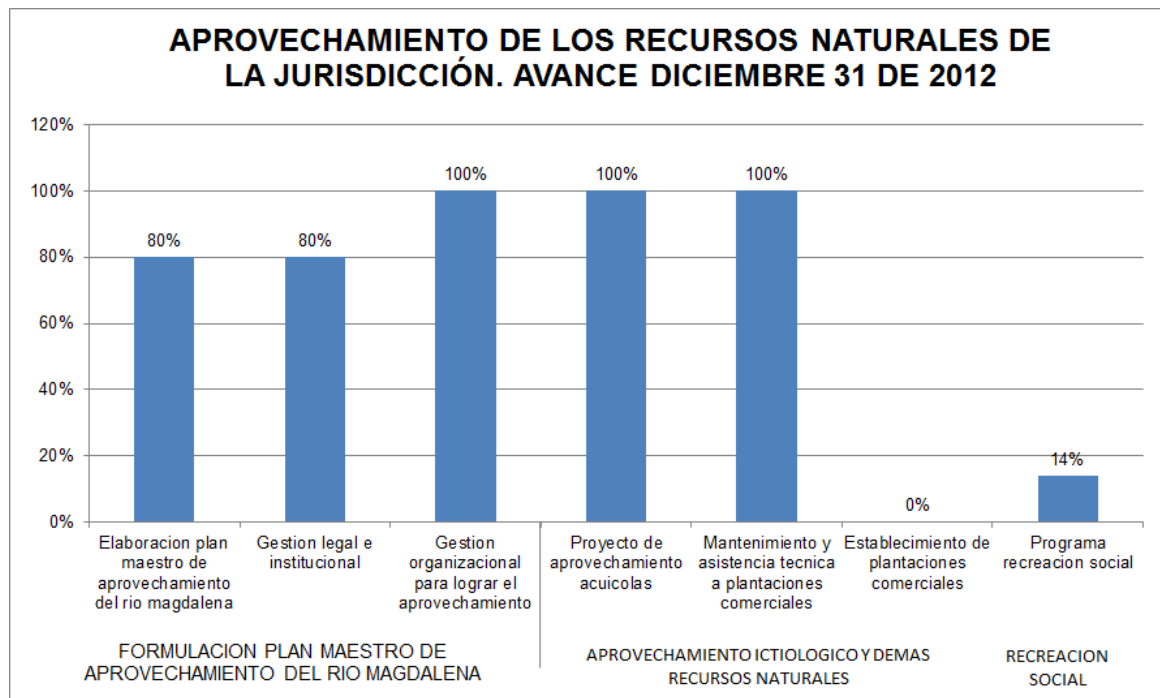


Fuente: Cormagdalena.



- **Programa de aprovechamiento de los recursos naturales de la jurisdicción.** Formular el Plan Maestro de Aprovechamiento del Río Magdalena y ejecutar proyectos productivos prioritarios de reforestación comercial, piscicultura y recreación, según la siguiente gráfica.

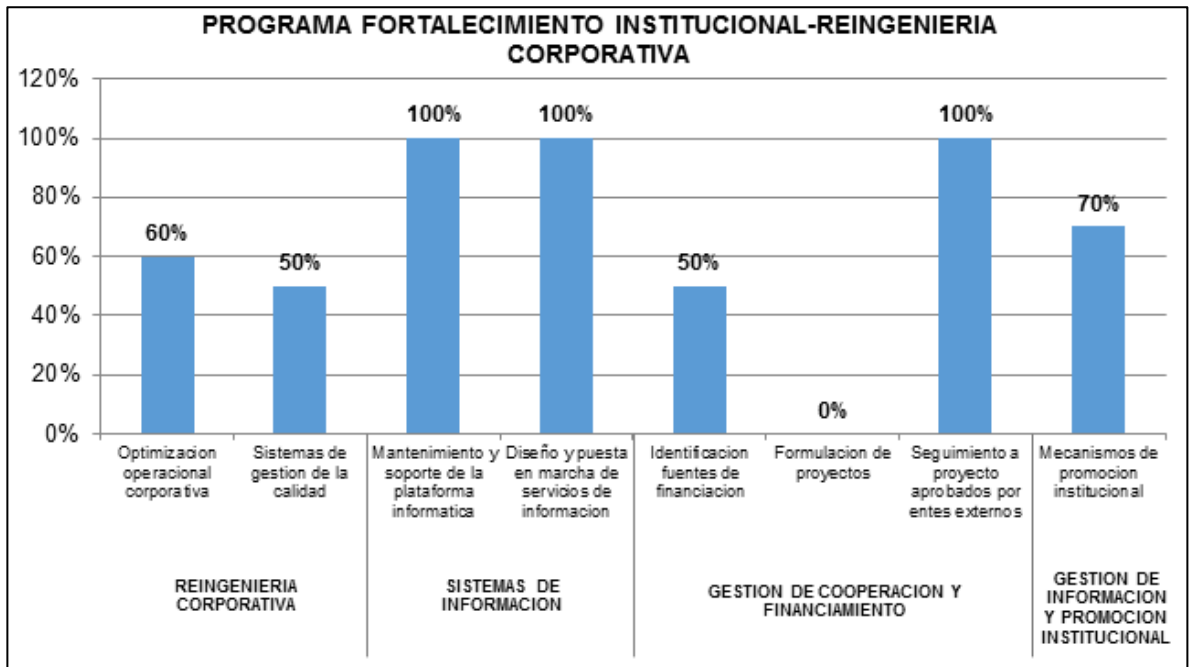
Gráfica 6. Aprovechamiento de los recursos naturales de la jurisdicción.



**Fuente:** Cormagdalena.

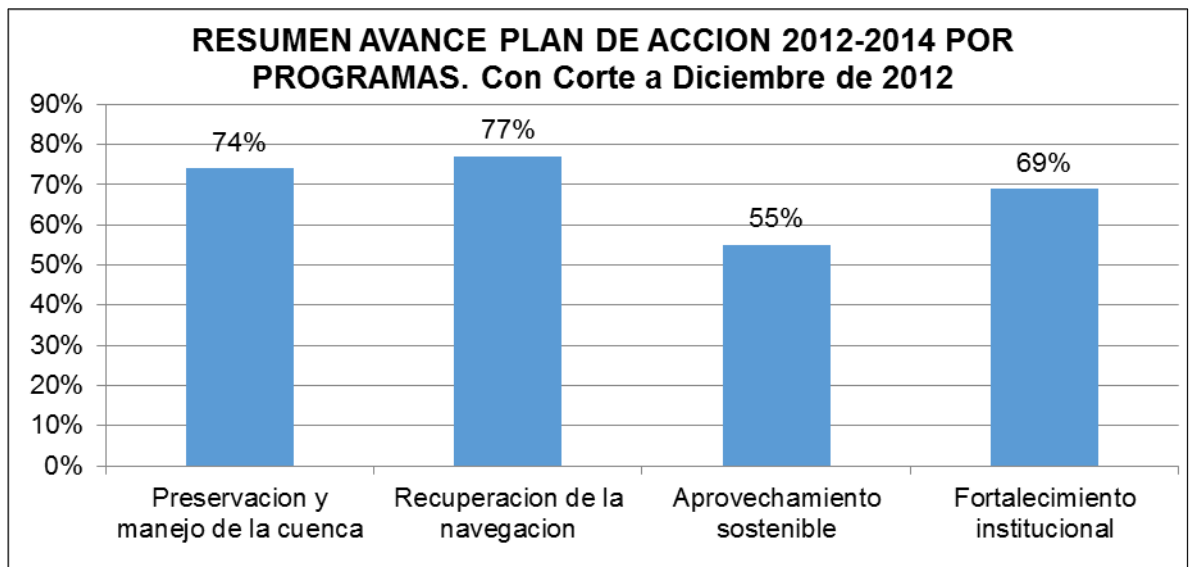
- **Programa de fortalecimiento institucional.** Adoptar las medidas organizacionales necesarias para el eficaz desempeño de la corporación en su misión constitucional y legal... Véase gráfica 7 y 8...

Gráfica 7. Programa fortalecimiento institucional.



**Fuente:** Cormagdalena.

Gráfica 8. Resumen avance plan de acción.



**Fuente:** Cormagdalena.

## 5.3 MARCO CONCEPTUAL

### 5.3.1 Conceptos a fines con la navegación y transporte fluvial.

- **Actividades fluviales.** Son todas las relacionadas con el transporte, tránsito, tráfico y demás actividades, así como todas aquellas que puedan afectar la navegación en las vías fluviales<sup>15</sup>.
- **Artefacto fluvial.** Construcción flotante que opera en el medio fluvial, auxiliar de la navegación mas no destinada a ella, aunque pueda desplazarse sobre el agua para el cumplimiento de sus fines específicos. Si el artefacto fluvial se destina al transporte con el apoyo de una embarcación se entenderá el conjunto como una misma unidad de transporte<sup>16</sup>.
- **Bodega portuaria.** Es toda construcción efectuada en la ribera de una vía fluvial, destinada al almacenamiento de la carga en tránsito. En esta definición se incluyen también los patios. La bodega portuaria será pública o privada, según sea el servicio público o privado que preste, sin importar si es de propiedad de persona natural o jurídica, de derecho público o de derecho privado<sup>17</sup>.
- **Calado.** Amplitud vertical de la parte sumergida del buque. Distancia entre la parte más baja del barco y la línea de flotación (profundidad que es necesaria para pasar)<sup>18</sup>.
- **Características de la flota fluvial en Colombia.** Una embarcación fluvial es toda construcción principal o independiente, apta para la navegación y destinada a transitar por las vías fluviales, cualquiera que sea su sistema de propulsión, sea propulsada o auto propulsada por otra.

Las características de la flota fluvial son propias de la embarcación, corresponden a sus dimensiones, como son eslora, manga, puntal de costado, calado en vacío, puntal útil, tipo de casco, material de construcción. Las anteriores características son consignadas en la Patente de Navegación, expedido por el Ministerio de Transporte, y que además sirve como documento donde se acredita la propiedad de la embarcación. Son diseñadas de acuerdo con su capacidad remolcadora o

---

<sup>15</sup> (Portuarios, 2006)

<sup>16</sup> Ibid.

<sup>17</sup> Ibid.

<sup>18</sup> Ibid.

transportadora; de acuerdo con el tipo de carga a transportar; según las necesidades del propietario; de acuerdo con las características del río a navegar<sup>19</sup>.

Dentro de las principales dimensiones de las embarcaciones están:

- **Calado vacío (Cv).** Es la distancia vertical comprendida entre los planos mínimos de flotación y la línea de base.
- **Capacidad remolcadora.** Es la cantidad de toneladas brutas que puede remolcar la embarcación, es decir, el tonelaje total de desplazamiento del convoy.
- **Capacidad transportadora.** Es la cantidad de toneladas brutas que puede transportar la embarcación, es decir, el tonelaje total de desplazamiento de la embarcación. Es el volumen medido entre los planos máximos y mínimos de flotación.
- **Eslora (E).** Distancia medida en el eje principal de la embarcación entre las superficies interiores de los escudos de proa y popa, o desde la roda hasta el codaste.
- **Francobordo (Fb).** Es la distancia vertical, comprendida entre el plano máximo de flotación y la parte más baja de la cubierta al costado.
- **Manga (M).** Es la distancia horizontal entre las superficies interiores de los costados.
- **Puntal de costado (Pc).** Es la distancia vertical medida en la mitad de la eslora, de la línea base a la superficie interior de la plancha de cubierta en el costado de la embarcación.
- **Puntal útil (Pu).** Es la distancia comprendida entre los planos máximos y mínimos de flotación.
- **Convoy.** Es la combinación de un remolcador con una o varias barcasas, estos últimos pueden ser jalados o empujados por el remolcador.

---

<sup>19</sup> (AGROPECUARIO, 2013-2014)

Sus conformaciones típicas son las siguientes:

- **Botes cargados en pacha.** Esta conformación se efectúa en canales estrechos bajando, teniendo el piloto que efectuar maniobras de compostura. Con esta conformación se obtiene una mejor gobernabilidad del remolcador, tal como se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 3. Bote cargado en pacha.



**Fuente:** Naviera Fluvial Colombiana<sup>20</sup>.

- **Botes cargados en puya.** Esta maniobra se efectúa cuando el piloto lo considere necesario (de bajada y en canales estrechos) no obstante se recomienda utilizarlo solamente de subida, para obtener un desplazamiento más veloz, tal como se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 4. Bote cargado en puya.



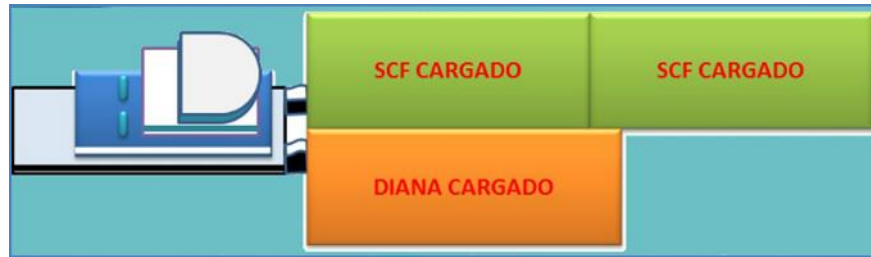
**Fuente:** Naviera Fluvial Colombiana.

- **Botes cargados en pistola.** Esta conformación se efectúa cuando dentro del convoy existen diferencias en los botes por el tamaño de la eslora, utilizándose subiendo o bajando según criterio del piloto... Véase Ilustración 5...

---

<sup>20</sup> SCF: Nombre del modelo de las barcazas graneleras de la empresa Naviera Central S.A.

Ilustración 5. Bote cargado en pistola.



**Fuente:** Naviera Fluvial Colombiana.

➤ **Botes en puya vacíos.** Esta conformación se efectúa para obtener mejor desplazamiento en canales rectos, teniendo en cuenta tomar las respectivas precauciones ya que en las curvas la metida de banda es mayor a causa de la misma conformación del convoy, tal como se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 6. Botes en puya vacíos.



**Fuente:** Naviera Fluvial Colombiana.

➤ **Botes cargados o vacíos.** Esta conformación se efectúa para obtener una mejor gobernabilidad y estabilidad a la embarcación, teniendo en cuenta la ubicación de los botes de acuerdo a la manga y eslora de cada uno, tal como se muestra en la siguiente ilustración.

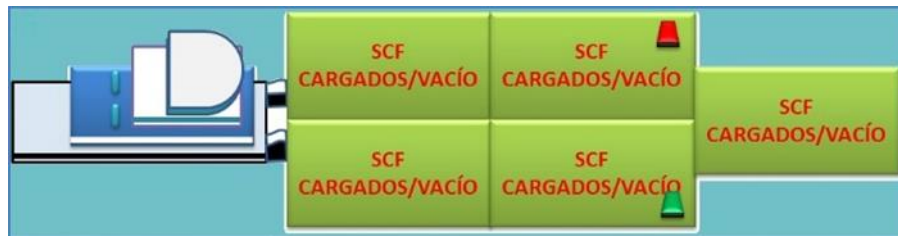
Ilustración 7. Botes cargados o vacíos.



**Fuente:** Naviera Fluvial Colombiana.

- **Botes cargados o vacíos en pistola.** Esta conformación se efectúa para obtener una mejor gobernabilidad y estabilidad a la embarcación, teniendo en cuenta la ubicación de los botes de acuerdo a la manga y eslora de cada uno, tal como se muestra en la siguiente ilustración.

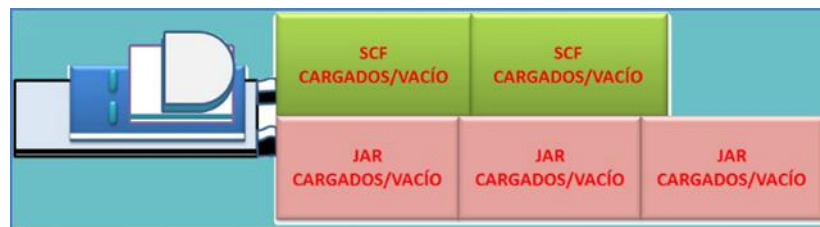
Ilustración 8. Botes cargados o vacíos en pistola opción #1.



**Fuente:** Naviera Fluvial Colombiana.

- **Botes vacíos diferentes dimensiones.** Esta conformación se efectúa cuando las dimensiones de los botes no son iguales, teniendo en cuenta la capacidad remolcadora de la unidad (3 motores) recargando el peso del convoy hacia el costado más débil de propulsión del remolcador. Si el remolcador es de 2 motores será recargado hacia la lonja más pesada, tal como se muestra en la siguiente ilustración.

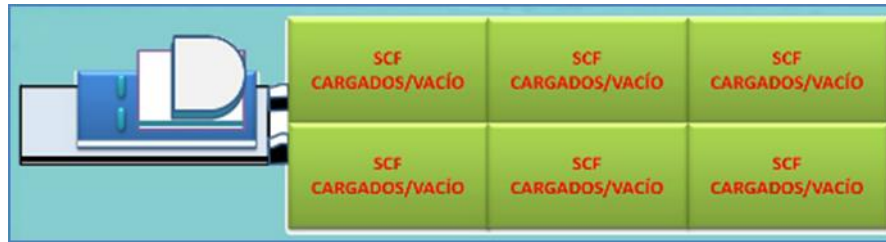
Ilustración 9. Botes vacíos diferentes dimensiones.



**Fuente:** Naviera Fluvial Colombiana.

- **Conformación botes.** Esta conformación se efectúa en un remolcador de tres motores recargando el peso del convoy hacia el costado más débil de propulsión (2 motores girando a estribor y 1 hacia babor) teniendo en cuenta el peso individual de cada bote, si el remolcador es de 2 motores se tiene en cuenta el peso de las lonjas para la ubicación del remolcador siempre contrarrestando a la de mayor volumen para ubicar el remolcador (subiendo)... Véase Ilustración 10...

Ilustración 10. Conformación botes.



**Fuente:** Naviera Fluvial Colombiana.

➤ **Conformación en pacha.** Esta maniobra se efectúa bajando ubicando el remolcador en el centro, teniendo en cuenta la eslora, manga y peso de cada bote para la ubicación dentro del convoy, tal como se muestra en la siguiente ilustración.

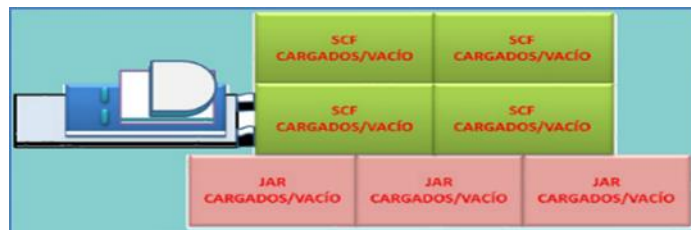
Ilustración 11. Conformación en pacha.



**Fuente:** Naviera Fluvial Colombiana.

➤ **Botes cargados o vacíos en pistola.** Esta maniobra se efectúa bajando ubicando la lonja de tres botes en el costado más fuerte de propulsión del remolcador (3 motores), si el remolcador es de 2 motores se ubica inclinado a la lonja de 3 botes, tal como se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 12. Botes cargados o vacíos en pistola opción #2.

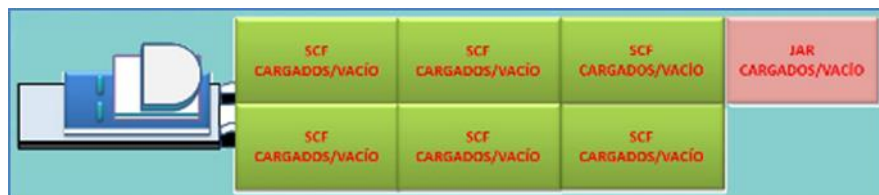


**Fuente:** Naviera Fluvial Colombiana.



Esta conformación se efectúa subiendo, ubicando la lonja más pesada en el costado más fuerte de propulsión del remolcador (3 motores), si el remolcador es de 2 motores se ubica inclinado a la lonja antes mencionada, tal como se muestra en la siguiente ilustración.

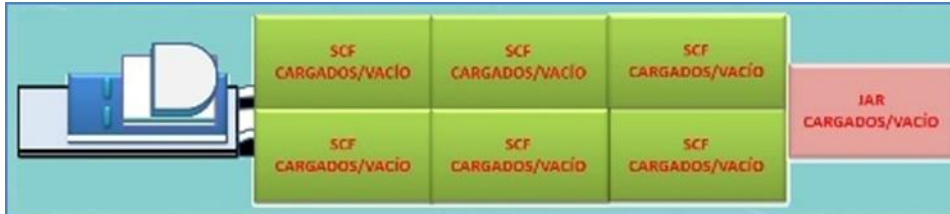
Ilustración 13. Botes cargados o vacíos en pistola opción #3.



**Fuente:** Naviera Fluvial Colombiana.

Esta conformación se efectúa subiendo o bajando ubicando el remolcador en el centro del convoy teniendo en cuenta que los botes tienen las mismas dimensiones, tal como se muestra en la siguiente ilustración.

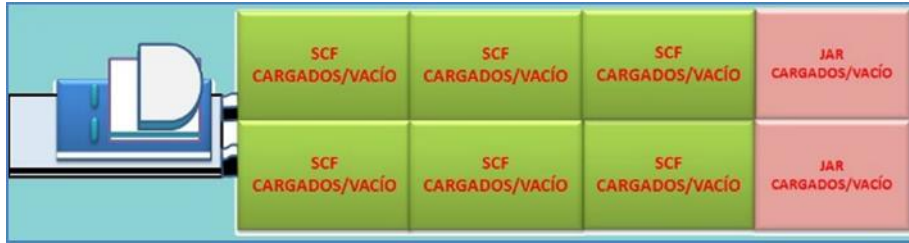
Ilustración 14. Botes cargados o vacíos en pistola opción #4.



**Fuente:** Naviera Fluvial Colombiana.

➤ **Botes cargados o vacío en puya.** Esta maniobra se efectúa subiendo desde la boya de TNP hasta B/bermeja, teniendo en cuenta ubicar la lonja de mayor peso en el costado más fuerte de propulsión si el remolcador es de 3 motores, si es de 2 motores se ubica el mismo inclinado hacia el costado de más peso... Véase Ilustración 15...

Ilustración 15. Botes cargados o vacíos en puya.



**Fuente:** Naviera Fluvial Colombiana.

➤ **Botes cargados o vacíos en plancha.** Esta conformación se efectúa bajando ubicando el remolcador en la lonja del centro con el fin de contrarrestar los pesos de las lonjas laterales con esta conformación tenemos una mejor gobernabilidad, tal como se muestra en la siguiente ilustración.

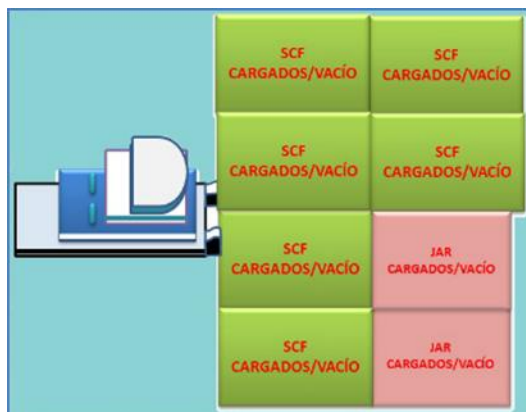
Ilustración 16. Botes cargados o vacíos en plancha opción #1.



**Fuente:** Naviera Fluvial Colombiana.

Esta conformación se efectúa desde el km 292, hasta el km 168 Zambrano Bolívar y/o Calamar donde la forma del río lo permite (canales navegables espaciosos), con el fin de minimizar los tiempos de maniobra. No es recomendable efectuarla desde B/bermeja hasta el k-301 por presentar canales estrechos teniendo dificultad en la gobernabilidad. Con esta conformación se reduce tiempo y trabajo del personal... Véase Ilustración 17...

Ilustración 17. Botes cargados o vacíos en plancha opción #2.




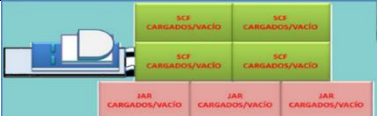
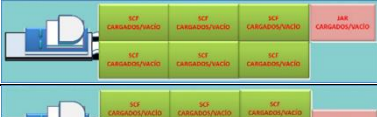
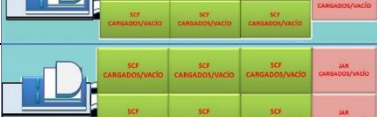



**Fuente:** Naviera Fluvial Colombiana.

Tabla 3. Nomenclatura de convoy de carga.

CONFIGURACIÓN	REMOLCADOR Y BARCAZAS	FORMA DE CONVOY
Botes cargados en pacha	Remolcador 1 + Barcazas 2	
Botes cargados en puya	Remolcador 1 + Barcazas 2	
Botes cargados en pistola	Remolcador 1 + Barcazas 3	
Botes en puya vacíos	Remolcador 1 + Barcazas 3	
Botes cargados o vacíos	Remolcador 1 + Barcazas 4	
Botes cargados o vacíos en pistola	Remolcador 1 + Barcazas 5	
Botes vacíos diferentes dimensiones	Remolcador 1 + Barcazas 5	
Conformación botes	Remolcador 1 + Barcazas 6	

**Fuente:** Naviera Fluvial Colombiana.

Tabla 3. (Continuación)

CONFIGURACIÓN	REMOLCADOR Y BARCAZAS	FORMA DE CONVOY
Conformación en pacha	Remolcador 1 + Barcazas 6	
Botes cargados o vacíos en pistola	Remolcador 1 + Barcazas 7	  
Botes cargados o vacío en puya	Remolcador 1 + Barcazas 8	
Botes cargados o vacíos en plancha	Remolcador 1 + Barcazas 8	 

**Fuente:** Naviera Fluvial Colombiana.

- **Embarcación fluvial.** Es toda construcción principal o independiente, apta para la navegación y destinada a transitar por las vías fluviales, cualquiera que sea su sistema de propulsión, sea autopropulsada o propulsada por otra. Una embarcación fluvial no puede utilizarse en la navegación marítima.

- **Fenómeno de La Niña.** “La Niña” se manifiesta entre otras variables, por un enfriamiento de las aguas del Océano Pacífico Tropical central y oriental frente a las costas del Perú, Ecuador y sur de Colombia. Este fenómeno causa efectos contrarios a los que presenta “El Niño”, mientras que “El Niño” reduce las precipitaciones, “La Niña” favorece el incremento de las mismas en gran parte del país en particular sobre las regiones Caribe y Andina.

Por lo general, La Niña comienza su formación desde mediados de año con un enfriamiento de las aguas del océano Pacífico tropical como uno de los indicadores oceánicos; como también un incremento de los vientos Alisios del este, que propicia un descenso del nivel del mar sobre la zona oriental; La Niña alcanza su Intensidad máxima a finales de año, cuando se acoplan todos los parámetros mencionados, junto con otras variables océano-atmosféricas propias de este evento climático; y tiende a disiparse a mediados del año siguiente.

De acuerdo a los análisis, ante un evento típico de “La Niña”, los efectos climáticos empiezan a sentirse desde mediados de año con un incremento de las lluvias en las regiones Caribe y Andina y sus mayores impactos se esperan en la segunda temporada lluviosa de 2010 y primera temporada de lluvias de 2011, manifestándose en un aumento significativo de los niveles de los ríos y con ellos la probabilidad de inundaciones lentas, crecientes súbitas en las zonas de alta pendiente, aumento en la probabilidad de deslizamientos de tierra e incrementa la actividad de huracanes en el Atlántico<sup>21</sup>.

- **Fenómeno de El Niño.** El fenómeno El Niño es un fenómeno de naturaleza marina y atmosférica que se presenta con alguna regularidad en las aguas del océano Pacífico (cada 2 a 7 años) y que dependiendo de la intensidad que pueda lograr puede afectar el clima mundial, modificando el comportamiento de los períodos lluviosos y secos<sup>22</sup>.

A diferencia de La Niña que es un enfriamiento de las aguas marinas, El Niño es el fenómeno opuesto y consiste en que las aguas normalmente frías que hacen presencia en la costa de Ecuador y Perú y en el Pacífico central y Oriental se calientan en un proceso que toma varios meses y que en algunas casos puede echar reversa. La intensidad del fenómeno está asociada directamente al grado de calentamiento y a la magnitud del área bajo ese calentamiento.

En el caso de Colombia El Niño modifica las temporadas invernales reduciendo la cantidad total de lluvia que se presenta en los departamentos del Caribe y de la región Andina, principalmente. Al llegar la temporada seca de bajos volúmenes de lluvia, el déficit de precipitación se hace mayor por lo que de no haberse tomado las precauciones necesarias los impactos en algunos sectores productivos pueden hacerse mayores por un creciente déficit acumulado de precipitación. Esto lógicamente incide en una disponibilidad menor del recurso hídrico que ante una demanda creciente puede generar problemas relacionados con el abastecimiento normal de agua para consumo humano o industrial, para el sector agrícola y

---

<sup>21</sup> (IDEAM, LA NIÑA EN COLOMBIA, 2006)

<sup>22</sup> (IDEAM, EL NIÑO EN COLOMBIA, 2006)

ganadero o para la generación de energía. Igualmente la reducción de los caudales en pequeños ríos y quebradas origina mayores concentraciones de residuos peligrosos para la salud humana.

### 5.3.2 Conceptos afines con el modelo de simulación.

- **Entidad.** Puede ser un objeto o persona que se mueve a través de un sistema y que causa cambios en las variables de respuesta. Ejemplo: un cliente en un banco, una orden de pedido en un sistema de inventarios o una lámina de acero en un proceso de manufactura<sup>23</sup>.
- **Recurso.** Es un elemento estacionario que puede ser ocupado por una entidad. Los recursos se emplean cuando se requiere representar actividades claves del sistema que restringen el flujo de entidades. Los recursos tienen una capacidad finita; así mismo, cuentan con una serie de estados por los cuales atraviesan a lo largo de la simulación, ejemplo, ocupado, ocioso, inactivo o dañado. Un recurso puede ser una persona, maquina o incluso, un espacio en áreas de almacenamiento<sup>24</sup>.
- **Atributo.** Es una característica propia de cada entidad. Cada entidad individual tiene su propio valor de atributo. Esto implica que para determinar este valor, a diferencia de las variables, se debe examinar la entidad que lo opera. Los atributos se definen con un nombre y deben tener un valor numérico que indique algo para el usuario<sup>25</sup>.
- **Variable.** Representan características del sistema; son de carácter global, es decir, su valor es el mismo en cualquier parte del modelo. Las variables pueden ser predeterminadas por el programa o definidas por el usuario; se definen con un nombre y con un valor numérico que simbolice un estado del sistema<sup>26</sup>.
- **Sistema.** Es un conjunto de elementos que se encuentran en interacción y que buscan alguna meta o metas comunes; para ello opera sobre dato o información, sobre energía, materia u organismos, con el propósito de producir como salida información, energía, materia u organismos. Un sistema es un conjunto de componentes interrelacionados que en una forma organizada, recibe

---

<sup>23</sup> (Fabregas & Wadnipar, 2003)

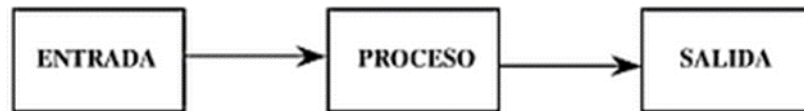
<sup>24</sup> (Fabregas & Wadnipar, 2003)

<sup>25</sup> Ibid.

<sup>26</sup> Ibid.

entradas y las procesa y emite salidas para obtener una meta común<sup>27</sup>, en la siguiente ilustración se muestra una representación gráfica de un sistema.

Ilustración 18. Representación de un sistema.



**Fuente:** Simulación de sistemas productivos con arena.

Clases de sistemas:

- Naturales y artificiales.
  - Determinísticos y probabilísticos.
  - Sociales, hombre-máquina y mecanismos.
  - Abiertos y cerrados.
  - Permanentes y temporales.
  - Estables y no estables.
  - Adaptativos y no adaptativos.
- 
- **Modelo.** Es una representación de la realidad que se desarrolla con el propósito de estudiarla. En la mayoría de los análisis no es necesario considerar todos los detalles; de tal manera, el modelo no solo es un sustituto de la realidad, sino también una simplificación de ella.
  - **Modelo determinístico.** Un Modelo determinístico es un modelo matemático donde las mismas entradas producirán invariablemente las mismas

---

<sup>27</sup> Ibid.

salidas, no contemplándose la existencia del azar ni el principio de incertidumbre. Está estrechamente relacionado con la creación de entornos simulados a través de simuladores para el estudio de situaciones hipotéticas, o para crear sistemas de gestión que permitan disminuir la incertidumbre. La inclusión de mayor complejidad en las relaciones con una cantidad mayor de variables y elementos ajenos al modelo determinístico hará posible que éste se aproxime a un modelo probabilístico o de enfoque estocástico<sup>28</sup>.

- **Evento.** Es la ocurrencia que cambia el estado del sistema. Hay eventos internos y externos; estos se conocen también como endógenos y exógenos, respectivamente<sup>29</sup>.

## 5.4 MARCO ESPACIAL

El Río Magdalena es una arteria fluvial principal, con una longitud de 1.550 km. Su caudal medio anual es de 7.018 m<sup>3</sup>/seg. y es el más largo y caudaloso que vierte sus aguas en el Mar Caribe. Es navegable permanentemente en forma considerable 887km. por embarcaciones menores de 25 toneladas., entre los puertos de Barranquilla (Atlántico) y Salgar (Cundinamarca); además para embarcaciones mayores de 25 toneladas. Hay 631 km. entre los puertos de Barranquilla (Atlántico) y Barrancabermeja (Santander). Los puertos de relevancia sobre esta vía fluvial son Barranquilla, Calamar, Magangué, El Banco, Gamarra, Barrancabermeja, Puerto Berrío y Puerto Salgar. También se considera con gran relevancia el puerto de Cartagena que aunque no se encuentra en la riva del Río Magdalena, si se conecta con esta vía fluvial a través del Canal del Dique<sup>30</sup>.

Los hidrocarburos constituyen en volumen, la principal carga transportada en el Río Magdalena, esta sale de Barrancabermeja en forma de combustóleo, con destino a la planta de refinación en Cartagena; productos que una vez procesados se comercializan fuera del país.

---

<sup>28</sup> (Yáñez, 2012)

<sup>29</sup> (Fabregas & Wadnipar, 2003)

<sup>30</sup> (Centro Náutico, 2007)



## **6. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **6.1 TIPOS DE ESTUDIO**

Para este proyecto se definieron las variables más relevantes que por su relación de interdependencia e influencia sobre las operaciones actuales del transporte fluvial inciden fuertemente en la definición de las tarifas de transporte. Las cuales se relacionarán más adelante para su seguimiento, control y para implementar posibles mejoras en las operaciones, basado en esto el tipo de investigación es Aplicada.

### **6.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

Para este proyecto se empleó el método de investigación analítico en conjunto con el método sintético. Dado que inicialmente se reconocieron las variables principales que intervienen y afectan en el proceso, las cuales posteriormente se estudiaron, estructurando el modelo, el cual se simuló y por último se analizaron los resultados.

El método analítico consiste en la desmembración de un todo, concreto o abstracto, en sus componentes, o que trata de descubrir las causas, la naturaleza y los efectos de un fenómeno descomponiéndolo en sus elementos.

Como contrapartida del método anterior aparece la síntesis o modo de ver un fenómeno en conjunto. En sentido estricto, la síntesis sería la operación inversa del análisis, o sea reunir y componer las partes o los elementos de un todo previamente separado y descompuesto para el análisis.

Ambas operaciones, el análisis y la síntesis son en la práctica inseparables. Análisis sin síntesis solo facilita el conocimiento de hechos empíricos sin poder conducirnos a una verdadera comprensión.

Síntesis sin análisis no tiene consistencia y conduce a conclusiones a veces muy ajenas a la realidad<sup>31</sup>.

---

<sup>31</sup> (Cabral, 1997)

### **6.3 FUENTES DE INFORMACIÓN**

**6.3.1 Fuentes Directas y Primaria.** Se emplearon datos históricos suministrados por empresas del sector de transporte fluvial del sector público y privado.

**6.3.2 Fuentes Secundarias.** Se consultaron diversas fuentes tales como libros, bases de datos documentales, artículos de investigación, circulares, boletines con información relacionada con las áreas de simulación de métodos determinísticos, transporte fluvial, meteorología, entre otras, las cuales sirvieron de apoyo para comprender la problemática y plantear las posibles alternativas de solución, y darle soporte a la validación del modelo.

### **6.4 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Se recrean escenarios en un modelo de simulación tomando como referencia información histórica de los viajes realizados durante el año 2009, para el desarrollo de una política de tarifas en el transporte fluvial en la cuenca del Magdalena. Esta información fue suministrada físicamente en tablas por la Intendencia Fluvial de Barrancabermeja... Véase Anexo W..., las cuales se digitaron en archivos de Excel, donde se organizó y se elaboraron tablas dinámicas para agrupar los datos... Véase Anexo X... y clasificar los remolcadores según sus características de propulsión. Adicionalmente, se elaboró el diagrama de Pareto, con el propósito de establecer los principales remolcadores utilizados durante el año en cuestión. Posteriormente, se elaboraron tablas con los parámetros definidos para ser importados al modelo de simulación.

Con respecto a los datos hidro-meteorológicos, se adquirieron por compra en archivo de texto, Bloc de notas al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) como se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 19. Muestra de la información de caudales adquirida del IDEAM.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION													
VALORES MEDIOS MENSUALES DE CAUDALES (m3/seg)						NACIONAL AMBIENTAL							
FECHA DE PROCESO : 2013/06/05													
LATITUD	0528 N	TIPO EST	LG	DEPTO	CUNDINAMARCA	FECHA-INSTALACION	1936-ENE						
LONGITUD	7439 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	PUERTO SALGAR	FECHA-SUSPENSION							
ELEVACION	172 m.s.n.m	REGIONAL	10 TOLIMA	CORRIENTE	MAGDALENA								
*****													
AÑO	EST	ENT	ENERO	*	FEBRE	*	MARZO	*	ABRIL	*	MAYO	JUNIO	
*****													
1992	1	1	776.8	1	759.8	1	615.9	8	696.9		887	1	809
1993	1	1	740.6	8	849	8	1245	8	1477	8	2072	8	1458
1994	1	1	1129	8	1344	1	1595	1	2263	8	2401	8	1892
1995	1	1	705.4	8	645.8	8	862.2	8	1499	8	1813	1	1541
1996	1	1	961.8	8	1466		2233	1	1444	1	2549	8	1851
1997	1	1	1625	1	1358	1	1018	1	1391	1	1464	1	1259
1998	1	1	465.4	8	588.4	8	622	8	1659	1	1731	1	1526
1999	1	1	1538	1	2817	8	2279	8	2875	8	2056		1736
2000	1	1	1474	1	1777	1	2274	8	2089	1	2755	8	2082
2001	1	1	971.1	8	830.2	8	1312	8	1026	8	1356	8	1375
2002	1	1	1018	8	769.5	8	1175	8	2133	8	1365	8	2351
2003	1	1	524.7	8	568.2	8	854.7	8	1403	8	1038		1081
2004	1	1	845.6	8	764.6	8	669.5	1	1265	8	1636	8	1432
2005	1	1	944.5	8	1357	8	1286	8	1302	8	2021	8	1337

**Fuente:** IDEAM.

Estos datos se importaron a archivos de Excel donde se organizaron, y se emplearon para calcular las variables de velocidad en los diferentes tramos del río, las cuales se importaron al modelo de simulación organizada en tablas... Véase Ilustración 20...

Ilustración 20. Muestra velocidad del río.

(Km/h)	2009											
TRAMO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
BARRANQUILLA	14,08	9,31	7,75	9,54	10,78	10,69	10,16	8,29	8,35	7,26	9,78	8,38
CALAMAR	16,45	13,18	13,58	15,36	16,19	16,01	15,66	13,57	13,10	12,97	15,28	12,68
TACAMOCHO	15,05	13,12	12,24	14,50	15,40	15,17	14,24	12,86	12,66	11,73	14,77	11,05
BARBOSA	17,46	13,97	13,08	16,07	17,02	16,76	15,63	14,49	14,22	13,09	17,01	12,06
SITIO NUEVO	12,25	10,12	9,56	11,81	12,38	11,85	10,67	9,48	9,33	8,66	11,65	7,65
COYONGAL	14,09	12,86	12,71	14,35	14,57	13,77	12,89	11,91	11,81	11,70	13,90	11,27
ARMENIA	9,22	10,40	12,02	15,59	14,87	12,52	11,35	10,17	13,67	15,63	17,62	12,27
PALOMAS LAS	13,43	12,04	12,61	16,73	15,88	13,66	11,82	10,25	9,81	8,94	13,69	9,35
AGUADAS LAS	8,59	8,07	8,60	10,68	10,41	9,39	8,27	6,92	6,94	6,68	9,28	6,53
PENONCITO	9,00	8,03	10,44	10,92	16,63	15,09	11,19	7,60	8,38	13,03	14,68	10,23
REGIDOR	10,59	10,47	12,30	15,46	14,55	13,01	10,48	9,64	9,04	9,67	12,73	8,36
CONTENTO EL	9,87	10,29	12,58	12,88	12,22	11,02	8,94	8,78	8,59	7,57	9,67	6,00
SITIO NUEVO	8,56	8,98	11,74	12,09	10,78	8,71	6,75	7,24	8,10	8,69	10,16	6,58
PENAS BLANCAS												

**Fuente:** Propia.

Una vez importados todos los datos requeridos para el modelo, este es sometido a un proceso de optimización empleando la herramienta OptQuest para Arena. Los resultados de este proceso de optimización son exportados a un archivo de texto, Bloc de notas, que luego son importados a un archivo de Excel, donde se organizan en forma de tablas y se importan al modelo.

Finalmente se corre el modelo (como se muestra en la ilustración anterior) con los datos resultado de la optimización, y los valores de las variables bajo análisis se exportan a través de una macro a un archivo de Excel. Donde se organizan, tabula, grafican y se analizan para definir, diseñar y elaborar las tablas de tarifas.

## 6.5 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema modelado se compone principalmente del río y las condiciones hidro-meteorológicas que inciden sobre él, y la flota de remolcadores, con los convoyes conformados por los remolcadores y el conjunto de barcazas.

El sector del río bajo análisis comprende los puertos de Barranquilla, Cartagena y Barrancabermeja. Este sector se dividió en 13 tramos de importancia, donde se realizan mediciones hidro-meteorológicas, en los cuales se realiza monitoreo permanente de las condiciones del río. Como parámetros del río se ingresaron al modelo las velocidades de sus aguas en cada tramo, partiendo su cálculo de los caudales promedios mensuales registrados, los niveles de profundidad y las batimetrías documentadas.

Dentro de la flota de remolcadores, se analizó el histórico de los viajes realizados durante todo un año (2009), agrupando los remolcadores según sus características de propulsión, y escogiéndose los tres tipos principales a través de un diagrama de Pareto. La información de los viajes se parametrizó en una matriz compuesta por el tipo de remolcador, el número de barcazas, la cantidad de carga transportada, la ruta del viaje, y la corriente (si el remolcador avanza en contra del río o a favor de este). De igual forma, se incluyeron parámetros pertenecientes a los remolcadores como: las rpm iniciales por tramo a las cuales debe avanzar el remolcador en su viaje, el factor con el cual se convierten las rpm del remolcador a velocidad, el factor consumo de combustible, los precios mensuales del ACPM.

Ambas partes del sistema expuesto presentan una relación directa, teniendo en cuenta que las condiciones hidro-meteorológicas de la época y del río inciden sobre la flota de remolcadores, y las condiciones generales de las operaciones de transporte, en cuanto a la cantidad de carga transportada, los tiempo de viaje, las rpm de avance de los remolcadores, el consumo de combustible, entre otros.

## 6.6 ANÁLISIS DEL SISTEMA

### 6.6.1 Entidades.

Tabla 4. Descripción de Entidades.

Entidad	Definición	Atributos
<b>Remolcador</b>	Se crea el número de entidades conforme al número de viajes que zarpan por día. Los cuales se obtienen de los datos históricos para el año 2009 del registro de zarpe entre los puntos bajo análisis (datos suministrados por la estación fluviométrica de Barrancabermeja). Esta entidad simulará el viaje del remolcador entre el punto de origen al punto de destino final, pasando por cada tramo que divide el trayecto total, y en los cuales se establecen las condiciones hidro-meteorológicas (caudal y velocidad del río) que inciden directamente sobre esta entidad.	Viaje_No Ruta Entity.Sequence Mes Corriente Precio_ACPM_Mes Sector Dist_Tramo Tiempo_Acum

**Fuente:** Propia.

### 6.6.2 Atributos.

Tabla 5. Descripción de Atributos.

Atributo	Definición	Valor		
<b>Viaje_No</b>	Registra en la entidad el número del viaje en el año.	1, 2, 3, ..., n		
<b>Ruta</b>	Define el trayecto del viaje que tomará el convoy entre los puntos bajo análisis (Barranquilla, Cartagena y Barrancabermeja).	<b>Ruta</b>	<b>Origen</b>	<b>Destino</b>
		1	Barranquilla	Barrancabermeja
		2	Cartagena	Barrancabermeja
		3	Barrancabermeja	Barranquilla
		4	Barrancabermeja	Cartagena
<b>Entity.Sequence</b>	Define en qué orden el convoy visitará cada tramo que divide la ruta.	BAQ_GAL CTG_GAL GAL_BAQ GAL_CTG * Gal. (Galan estación de Barrancabermeja)		
<b>Mes</b>	Registra el mes dentro de la ventana de tiempo en el cual se encuentra el viaje del convoy, para asignar de acuerdo a estas las condiciones hidro-meteorológicas del momento, entre otros aspectos como el precio del ACPM.	1, 2, 3, ..., 12		

**Fuente:** Propia.



Tabla 5. (Continuación)

Atributo	Definición	Valor			
<b>Corriente</b>	Denota si el convoy navega a favor de la corriente o en contra de ella.	1 (En Contra Norte - Sur) 0 (A favor Sur - Norte)			
<b>Precio_ACPM_Mes</b>	Registra el precio promedio mensual del ACPM al momento del zarpe.	<i>Precio_Mensual_ACPM ( CalMonth(TNOW) )</i> Fórmula (1)			
<b>Sector</b>	Es el tramo que compone la ruta y en los cuales se registran las condiciones hidro-meteorológicas por mes.	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4
		Barranquilla	Cartagena	Galan	Galan
		Calamar	Calamar	Puerto_Wilches	Puerto_Wilches
		Tacamocho	Tacamocho	El_Contento	El_Contento
		Barbosa	Barbosa	Regidor	Regidor
		Sitio_Nuevo	Sitio_Nuevo	Penoncito	Penoncito
		Coyongal	Coyongal	Las_Aguadas	Las_Aguadas
		Armenia	Armenia	Las_Palomas	Las_Palomas
		Las_Palomas	Las_Palomas	Armenia	Armenia
		Las_Aguadas	Las_Aguadas	Coyongal	Coyongal
		Penoncito	Penoncito	Sitio_Nuevo	Sitio_Nuevo
		Regidor	Regidor	Barbosa	Barbosa
		El_Contento	El_Contento	Tacamocho	Tacamocho
		Puerto_Wilches	Puerto_Wilches	Calamar	Calamar
		Galan	Galan	Barranquilla	Cartagena

**Fuente:** Propia.

Tabla 5. (Continuación)

Atributo	Definición	Valor
<b>Dist_Tramo</b>	Es la distancia en km correspondiente a cada tramo de la ruta.	<i>Distancias ( Sector, Ruta )</i> Fórmula (2)
<b>Tiempo_Acum</b>	Es el tiempo total del viaje acumulado por el tiempo del recorrido del remolcador en cada tramo de la ruta.	<i>Tiempo_Acum + Tiempos_Tramos ( Viaje_No, Sector )</i> Fórmula (3)

**Fuente:** Propia.

### 6.6.3 Variables.

Tabla 6. Descripción de Variables.

Variable	Definición	Valor
<b>Viajes_Diarios</b>	Representa el número de viajes que zarparon en un día determinado en el año (datos suministrados por la estación fluviométrica de Barrancabermeja).	n viajes / día
<b>Viaje_Numero</b>	Contador que se utiliza para darle a la entidad el atributo Viaje_No	$Viaje\_Numero + 1$ Fórmula (4)
<b>Parametros_Viajes</b>	Matriz que contiene la información de cada viaje.	Tipo del remolcador Número de barcazas Carga (Kg) Ruta Corriente

**Fuente:** Propia.

Tabla 6. (Continuación)

Variable	Definición	Valor			
<b>Vel_Rio_Ruta_n</b>	Matriz con la velocidad promedio del rio por mes por tramo para cada ruta.	Velocidad del rio en Km/h dependiendo del mes y el sector.			
<b>Distancias</b>	Matriz con la información de las distancias en km para cada sector del tramo en cada ruta... Véase Tabla 4 (Sector)...  Esta información es un parámetro, sin embargo por la funcionalidad de los datos, su ingreso al modelo se debe hacer de forma matricial, dado que los atributos en el programa Rockwell Software Arena no tienen esta característica, se ingresa como variables.	<b>Ruta 1</b>	<b>Ruta 2</b>	<b>Ruta 3</b>	<b>Ruta 4</b>
		87.39	120.54	101.56	101.56
		108.1	108.1	60.54	60.54
		71.07	71.07	54.75	54.75
		6.44	6.44	48.59	48.59
		20.75	20.75	15.63	15.63
		17.77	17.77	22.53	22.53
		31.88	31.88	31.88	31.88
		22.53	22.53	17.77	17.77
		15.63	15.63	20.75	20.75
		48.59	48.59	6.44	6.44
		54.75	54.75	71.07	71.07
		60.54	60.54	108.1	108.1
		101.56	101.56	87.39	120.54
<b>Vel_Sector</b>	Valor de la velocidad del rio en un sector puntal usada para calcular la variable Tiempos_Tramos en ese sector.	$Var\_Vel\_Rio ( Ruta )$ Fórmula (5)			

Fuente: Propia.

Tabla 6. (Continuación)

Variable	Definición	Valor
<b>Tiempos_Tramos</b>	Es el tiempo calculado que tarda el remolcador en navegar por el tramo de una ruta.	$\left( \frac{Dist\_Tramo}{Vel\_RR\_Tramos(Viaje\_No, Sector) - Vel\_Sector} \right) * (Corriente = 1)$ $+ \left( \frac{Dist\_Tramo}{Vel\_RR\_Tramos(Viaje\_No, Sector) + Vel\_Sector} \right) * (Corriente == 0)$ Fórmula (6)
<b>Vel_RR_Tramos</b>	Es la velocidad que emplea el remolcador para navegar en un tramo de una ruta determinada.	$RPM\_RR\_Tramos(Viaje\_No, Sector) * Factor\_RPM\_Vel$ Fórmula (7)
<b>RPM_RR_Tramos</b>	Son las rpm empleadas por el motor del remolcador para convertirse en velocidad.	RPM dependiendo del remolcador, el mes y el sector.
<b>Factor_RPM_Vel</b>	Es el factor calculado empleado para convertir las rpm en unidades de velocidad. Donde: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reductor, es el reductor de velocidad del motor del remolcador.</li> <li>• Paso, es el avance lineal de la propela del remolcador dado en metros.</li> <li>• 0,06 es el factor de conversión de m/min a km/h.</li> <li>• 0,95 el valor estimado para el coeficiente de pérdida (0,05) por la acción del viento, la fricción del agua, entre otros.</li> </ul>	$Reductor \times Paso \times 0,06 \times 0,95$ Fórmula (8)

Fuente: Propia.

Tabla 6. (Continuación)

Variable	Definición	Valor	
<b>Factor_Consumo_Combustible</b>	Es el factor empleado para calcular el consumo de combustible por los motores del remolcador. Donde: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Par Motor específico dependiendo del tipo de remolcador.</li> <li>• Coeficiente consumo de combustible aproximado para motores Diesel: 0,22 a 0,25 lt/CVh. Se toma 0,22 lt/CVh (ó 0,058 Gal/CVh)</li> <li>• 716,2 Constante de la fórmula.</li> </ul>	$\frac{(Par\ Motor * Coeficiente\ Consumo\ Combustible)}{716.2}$ Fórmula (9)	
<b>Consumo_Combustible</b>	Es el consumo de combustible dado a las rpm del remolcador y el tiempo de navegación.	$RPM\_RR\_Tramos (Viaje\_No, Sector) * Factor\_Consumo\_Combustible * Tiempos\_Tramos (Viaje\_No, Sector)$ Fórmula (10)	
<b>Precio_Mensual_ACPM</b>	Matriz que contiene el histórico de los precios del ACPM promedio mensual en el año	<b>Mes</b>	<b>Precio (\$)</b>
		1	6232
		2	6233.96
		3	6233.96
		4	6202.87
		5	5824.08
		6	5808
		7	5802.89
		8	5793.25
		9	5794.32
		10	5950
		11	5794.32
		12	5855.04

Fuente: Propia.

Tabla 6. (Continuación)

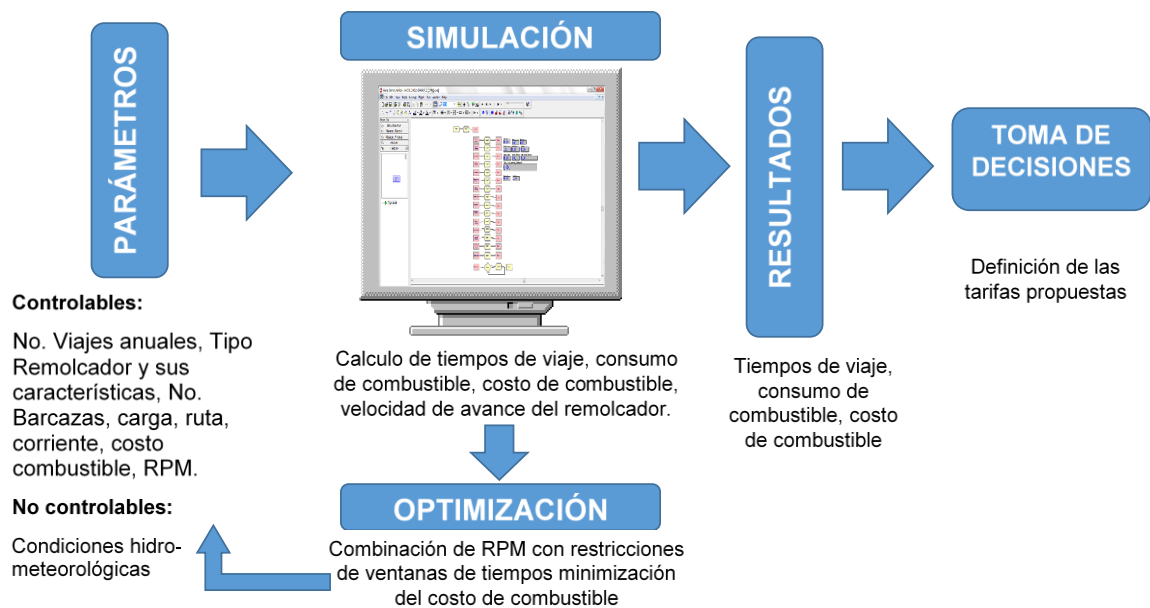
Variable	Definición	Valor
<b>Costo_Consumo_Combustible</b>	Es el costo total del combustible consumido por sector por viaje.	$Precio\_ACPM\_Mes \times Consumo\_Combustible (Viaje\_No, Sector)$ Fórmula (11)
<b>Total_Costo_Consumo_Combustible</b>	Es el costo total en consumo de combustible de todos los viajes en el año por remolcador.	$Precio\_ACPM\_Mes \times Consumo\_Combustible (Viaje\_No, Sector)$ Fórmula (12)
<b>Tiempo_Max</b>	Es el mayor tiempo que dura viajando un remolcador.	$Tiempo\_Acum \geq Tiempo\_Max$ $\Rightarrow Tiempo\_Max$ $= Tiempo\_Acum$ Fórmula (13)
<b>Viaje_Tmax</b>	Es el número del viaje en el año que más tiempo dura.	$Viaje\_Tmax$

**Fuente:** Propia.

## 6.7 DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El modelo de simulación planteado para este proyecto recrea el escenario del transporte fluvial de carga entre tres nodos relevantes para este tipo de transporte como lo son el puerto de Barranquilla, Cartagena y Barrancabermeja conectados por el Río Magdalena la principal arteria fluvial de Colombia.

Ilustración 22. Esquema modelo de simulación.



**Fuente:** Propia.



Para el desarrollo de este modelo, se siguieron los pasos sugeridos por Raul Coss Bu, con excepción de la etapa de experimentación dado que no se encontraron datos históricos que permitan analizar estadísticamente los resultados del modelo con información real de los datos de las operaciones.

Con este modelo se pueden simular diferentes escenarios, teniendo en cuenta el año y las características del remolcador. La información de entrada para cada escenario, está compuesta por el número de viajes diarios anuales agrupados por el tipo de remolcador. Los parámetros por viaje, donde se encuentra el número del viaje en el año, el tipo de remolcador, el número de barcasas que conforman el convoy, la carga transportada (en Kg.), la ruta (arco entre dos nodos), y el tipo de corriente (rio arriba, rio abajo). Como información de entrada se incluyeron también los datos hidro-meteorológicos obtenidos mensualmente por año por las distintas estaciones hidro-meteorológicas ubicadas a lo largo de los 647 km. de estudio. Los datos históricos del precio mensual de ACPM por año. Las características de los remolcadores. Se incluyen rpm iniciales que serán optimizadas posteriormente... Véase Ilustración 22...

El modelo simula cada viaje individualmente, creando una entidad con un origen y un destino definido, asignando además los parámetros específicos del viaje. Partiendo de los datos de entrada y de las rpm iniciales, el modelo calcula el tiempo de duración del viaje... Véase Formula 3..., la velocidad de avance del remolcador... Véase Formula 7..., el consumo de combustible... Véase Formula 10... y el costo total del consumo de combustible... Véase Formula 12...

Posteriormente, se emplea la herramienta OptQuest de Arena para realizar la optimización teniendo en cuenta las siguientes consideraciones... Véase Tabla 7...

Tabla 7. Consideraciones para la optimización en OptQuest.

Tipo	Definición	Valor
<b>Control</b>	<p>Los controles representan las variables cuyos valores pueden ser manipulados significativamente para influir sobre el desempeño de un sistema simulado y sobre los cuales se tiene dominio total. La optimización del modelo está formulada en término de los controles seleccionados y los valores de estos se cambian antes de que cada simulación se lleve a cabo hasta que el mejor valor sea encontrado cumpliendo las restricciones y los objetivos. Las rpm que emplea cada tipo de remolcador para avanzar en cada tramo son variables cuyo valor se puede manipular, ajustar y controlar dentro de la operación, éstas determinan la velocidad de avance, el tiempo de viaje... Véase Anexo B, E, H..., el consumo de combustible... Véase Anexo C, F, I... y el costo total por viaje. Se ingresan valores iniciales... Véase Anexo A, D, G... que servirán para correr la primera simulación, posteriormente se optimizarán con OptQuest iterando los valores con cada simulación hasta encontrar aquellos que se ajusten mejor al objetivo del modelo... Véase Anexo J, M, P...</p>	<i>RPM_RR_Tramos ( Viaje_No, Sector )</i>

**Fuente:** Propia.

Tabla 7. (Continuación)

Tipo	Definición	Valor
<b>Respuestas</b>	Las respuestas son las salidas que se obtienen de la simulación del modelo, representan aquellas variables que dependen de los controles y no pueden ser modificadas en OptQuest. Con ellas se pueden estructurar las fórmulas de las restricciones y de la función objetivo. Se definen como respuestas el tiempo que emplea cada remolcador por tramo dentro de la ruta del viaje y el valor del combustible consumido. Como resultado de la optimización de los controles también se obtienen mejoras en las respuestas... Véase Anexo K, L, N, O, Q, R...	<p><i>Tiempos_Tramos ( Viaje_No, Sector )</i></p> <p><i>Tiempo_Max</i></p> <p><i>Total_Costo_Consumo_Combustible</i></p>

**Fuente:** Propia.

Tabla 7. (Continuación)

Tipo	Definición	Valor
<b>Restricciones</b>	Son fórmulas que definen la relación existente entre los controles y/o las respuestas. Se construyen las restricciones teniendo en cuenta los tiempos de cada viaje por remolcador para cumplir con la ventana de tiempo propuesta.	$\sum Tiempos\_Tramos(Viaje\_No, Sector) \leq 96$ <p>El tiempo de cada viaje debe ser menor o igual a 96 horas (12 horas de navegación por 8 días de viaje) es el tiempo máximo propuesto que debe durar un viaje.</p> $Tiempo\_Max \leq 96$ <p>El mayor tiempo que dura el viaje de un remolcador con los valores iniciales debe ser menor o igual al tiempo máximo propuesto.</p>
<b>Función Objetivo</b>	Es una respuesta matemática o una expresión usada para representar el objetivo del modelo, en términos de estadísticas recopiladas por el modelo en Arena. El objetivo del modelo propuesto es minimizar el costo total del consumo de combustibles de toda la operación.	$Min (Total\_Costo\_Consumo\_Combustible)$

Fuente: Propia.

Si bien el objetivo del modelo es uno solo como se menciona en la tabla anterior, la función objetivo y las restricciones dependen de las salidas de la simulación y por lo tanto estas se basan en las respuestas, a su vez éstas dependen de los controles que al ser optimizados se obtiene como consecuencia mejoras significativas reduciendo los tiempos de operación, el consumo de combustible y alcanzando el objetivo del modelo cumpliendo con las ventanas de tiempo definidas.

La información obtenida de la optimización es exportada a Microsoft Excel, para luego ser importada al modelo de simulación y ser corrido con estos datos con el fin obtener los nuevos resultados que serán exportados a Microsoft Excel.

Estos datos se analizarán para la determinación de los modelos tarifarios que se propondrán para el transporte de carga fluvial a través del Río Magdalena.

## 7. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Para diseñar el modelo de tarifas sugerido enfocado al transporte fluvial de carga entre Barranquilla, Cartagena y Barrancabermeja a través de la cuenca del Río Magdalena, se tuvo en cuenta la información obtenida del modelo de simulación donde se recrea la demanda del transporte fluvial de carga, optimizando las rpm de los remolcadores, lo cual incide en los tiempos de duración de los viajes y el consumo de combustible. En cuanto a la información de costos generales de operación se tomó como referentes datos suministrados por una empresa Naviera del Sector Fluvial, para la puesta en práctica de la siguiente metodología cada organización deberá suministrar dichos costos teniendo en cuenta que son específicos dentro de cada empresa así como las características de sus remolcadores y barcas.

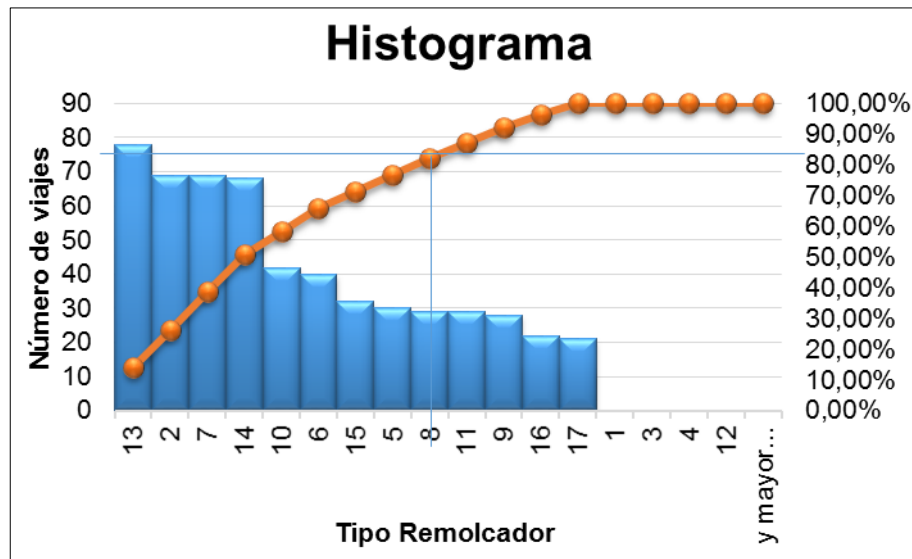
Se tuvieron en cuenta tres tipos de remolcadores de la siguiente manera: remolcador Tipo 13 (RR13) con características similares a 3 motores con una potencia máxima de 2115 HP y 1200 rpm máx. con una propela de paso de 1,02 m; remolcador Tipo 2 (RR02) con características similares a 3 motores con una potencia máxima de 1575 HP y 800 rpm máx. con una propela de paso de 1,04 m; remolcador Tipo 7 (RR07) con características similares a 3 motores con una potencia máxima de 2325 HP y 1200 rpm máx. con una propela de paso de 1,02 m. Para la elección de estos remolcadores se realizó un análisis de Pareto con todos los remolcadores que realizaron viajes durante el año 2009 entre los puertos de Barranquilla, Cartagena y Barrancabermeja, agrupándolos de acuerdo a sus características de propulsión... Véase Tabla 8 y Gráfica 9... Se recrea la demanda y el número de viajes de los remolcadores en el año 2009 agrupados según los tipos y características mencionados anteriormente, bajo las condiciones hidrometeorológicas registradas durante este periodo.

Tabla 8. Frecuencia de viaje por remolcador.

Remolcador Tipo	Frecuencia	% acumulado	Remolcador Tipo	Frecuencia	% acumulado
1	0	0,00%	13	78	14,00%
2	69	12,39%	2	69	26,39%
3	0	12,39%	7	69	38,78%
4	0	12,39%	14	68	50,99%
5	30	17,77%	10	42	58,53%
6	40	24,96%	6	40	65,71%
7	69	37,34%	15	32	71,45%
8	29	42,55%	5	30	76,84%
9	28	47,58%	8	29	82,05%
10	42	55,12%	11	29	87,25%
11	29	60,32%	9	28	92,28%
12	0	60,32%	16	22	96,23%
13	78	74,33%	17	21	100,00%
14	68	86,54%	1	0	100,00%
15	32	92,28%	3	0	100,00%
16	22	96,23%	4	0	100,00%
17	21	100,00%	12	0	100,00%
y mayor...	0	100,00%	y mayor...	0	100,00%
<b>Número de viajes 2009</b>				557	

Fuente: Propia.

Gráfica 9. Frecuencia de viajes por remolcador.



**Fuente:** Propia.

A nivel de las empresas navieras del sector fluvial de la región se reconoce que este tipo de transporte de carga es uno de los más ineficientes, por no decir que es el más ineficiente. Sin embargo, se reconoce también que existen un sin número de oportunidades para su optimización. Por otro lado un aspecto que influye en la ineficiencia de este tipo de transporte son las condiciones hidro-meteorológicas, las cuales afectan los tiempos de viaje, la cantidad de carga transportada, el consumo de combustible, entre otras. Si bien estas condiciones no se pueden controlar, si pueden ser tenidas en cuenta para programar las operaciones y hacer un uso racional y eficiente de los recursos.

El modelo realizado se parametrizó de acuerdo a las variables más relevantes dentro del sistema expuesto, donde los niveles del río los cuales son afectados directamente por los fenómenos hidro-meteorológicos como son el fenómeno del niño y la niña no se tuvieron en cuenta como restricción ya que según el comunicado del Presidente Juan Manuel Santos ante el proyecto de recuperación de la navegabilidad del Río Magdalena afirma que el mantenimiento del canal navegable se hará mediante obras de dragado constantes que permitirán mantener el río durante todo el año con 7 pies (2.13 metros) de profundidad, 52 metros de ancho del canal y 900 metros de radio mínimo de curvatura. Estas obras serán desde Puerto Salgar/La Dorada hasta Barranquilla, 908 kilómetros. Lo que inhabilita los niveles del río como una restricción directa en cuanto a profundidad, pero para el anterior análisis debe ser considerado ya que la demanda recreada corresponde al año 2009 en el cual aún las condiciones de

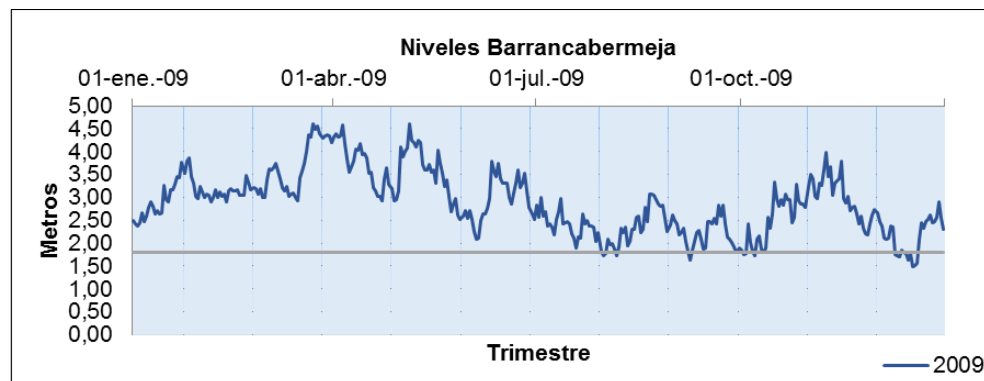


navegabilidad dependían directamente de los niveles del río referente al caudal que se presentaba entre Barranquilla, Cartagena y Barrancabermeja.

Los niveles del río no se incluyeron como variable relevante dentro del modelo por las obras que se están realizando en cuanto al canal navegable, pero se mencionan para mostrar porque en el año 2009 la fluctuación de viajes presentó restricción de navegabilidad en el último trimestre del año disminuyendo así el número de viajes, esto se presentó por el fenómeno del Niño en ese momento, como se muestra en la siguiente gráfica.

En la actualidad el plan de navegabilidad garantizara que los remolcadores tengan un paso libre dentro del canal navegable, sin importar el fenómeno hidrometeorológico del momento, dichos fenómenos en teoría solo afectarían al avance de los remolcadores de acuerdo a la velocidad de sus aguas.

Gráfica 10. Niveles del río. Barrancabermeja (2009).



**Fuente:** Propia.

Como se puede observar en la gráfica anterior, durante el primer semestre las operaciones no presentaron restricción por problemas de profundidad, sin embargo ocurrió lo contrario en el segundo semestre observándose que los niveles del río están muy cerca incluso por debajo del nivel de navegabilidad permitido, por lo cual se restringe el paso y los viajes merman.

Durante el año 2009 las condiciones climáticas presentaron una predominancia del fenómeno de El Niño... Véase Tabla 9... donde se muestra por cada mes según el IDEAM la condición climática predominante, y como uno de los objetivos de este trabajo es analizar la influencia de estas condiciones en el transporte fluvial. Se puede afirmar que el fenómeno de El Niño es uno de los escenarios que

más favorece la navegación y el transporte fluvial siempre y cuando se cumpla la condición de mantener los niveles de profundidad del canal navegable dado que los caudales no son tan fuertes ofrecen menor resistencia al paso del convoy en comparación con el fenómeno de la Niña donde los caudales son mayores por la acción de las lluvias.

Tabla 9. Condiciones climáticas año 2009.

2009	Fenómeno Predominante
<b>Enero</b>	Neutro
<b>Febrero</b>	Neutro
<b>Marzo</b>	Neutro
<b>Abril</b>	Neutro
<b>Mayo</b>	Niño
<b>Junio</b>	Niño
<b>Julio</b>	Niño
<b>Agosto</b>	Niño
<b>Septiembre</b>	Niño
<b>Octubre</b>	Niño
<b>Noviembre</b>	Niño
<b>Diciembre</b>	Niño

**Fuente:** IDEAM.

Teniendo en cuenta que los fenómenos hidro-meteorológicos, en este caso el fenómeno de El Niño afecta el caudal de los afluentes, el modelo optimiza las rpm. a las cuales el remolcador debe navegar en cada uno de los tramos definidos entre los puertos bajo análisis... Véase Anexo J, M, P... Partiendo de estas rpm. se obtienen los tiempos de duración de cada viaje... Véase Anexo K, N, Q... y el consumo de combustible estimado... Véase Anexo L, O, R..., siendo estas las variables sobre las cuales las empresas tienen mayor incertidumbre puesto que las condiciones hidro-meteorológicas son cambiantes e influyen directamente en el valor de la tarifa previamente analizado por la empresa y presentado a sus clientes al momento de cotizar.

La política de tarifa que se plantea en este modelo considera los siguientes aspectos:

- Costos generales de operación.
- Kilómetros recorridos.
- Carga transportada.
- Número de barcasas.
- Costos de combustible.
- Tiempo de viaje – Pactado entre la empresa y el cliente.
- Impuesto Cormagdalena.
- Draft Survey u otros costos de operación – Si aplican.

Los costos empleados dentro del modelo fueron los vigentes durante el año objeto de estudio (2009). Por lo tanto el modelo debe ser actualizado con los costos del periodo que se desee analizar.

A continuación se presenta un consolidado de las tarifas propuestas para los viajes recreados en el año 2009... Véase Tabla 10, 11 y 12...

Tabla 10. Consolidado tarifas Remolcador Tipo 02.

RR02	Viaje (Round Trip)			3200 Ton.	4000 Ton.	4800 Ton.	5600 Ton.	6400 Ton.	7200 Ton.
Fecha 2009	Tiempo Viaje	ACPM Gal	ACPM \$	4 Barcazas	5 Barcazas	6 Barcazas	7 Barcazas	8 Barcazas	9 Barcazas
<b>13-ene</b>	6,2	8.915,11	\$ 55.558.996	\$ 44.425,9	\$ 37.128,0	\$ 32.262,8	\$ 28.787,6	\$ 26.181,3	\$ 24.154,1
<b>22-ene</b>	9,0	10.260,46	\$ 63.943.190	\$ 56.164,8	\$ 47.058,9	\$ 40.988,4	\$ 36.652,3	\$ 33.400,2	\$ 30.870,8
<b>22-ene</b>	7,3	9.918,01	\$ 61.809.052	\$ 50.498,5	\$ 42.207,7	\$ 36.680,5	\$ 32.732,5	\$ 29.771,6	\$ 27.468,6
<b>09-feb</b>	6,2	8.555,77	\$ 53.330.846	\$ 43.621,0	\$ 36.496,9	\$ 31.747,6	\$ 28.355,2	\$ 25.810,9	\$ 23.831,9
<b>14-feb</b>	5,9	8.335,06	\$ 51.954.907	\$ 42.163,9	\$ 35.274,4	\$ 30.681,4	\$ 27.400,6	\$ 24.940,1	\$ 23.026,3
<b>19-feb</b>	5,7	8.178,16	\$ 50.976.790	\$ 41.162,0	\$ 34.434,7	\$ 29.949,8	\$ 26.746,3	\$ 24.343,7	\$ 22.475,0
<b>27-feb</b>	6,0	8.355,28	\$ 52.080.973	\$ 42.391,6	\$ 35.468,1	\$ 30.852,4	\$ 27.555,5	\$ 25.082,8	\$ 23.159,6
<b>08-mar</b>	6,5	8.877,57	\$ 55.336.889	\$ 45.337,8	\$ 37.925,8	\$ 32.984,5	\$ 29.455,0	\$ 26.807,8	\$ 24.749,0
<b>29-abr</b>	9,1	11.467,90	\$ 71.215.715	\$ 59.912,0	\$ 50.090,5	\$ 43.542,9	\$ 38.866,0	\$ 35.358,3	\$ 32.630,1
<b>05-may</b>	6,8	9.533,52	\$ 56.669.784	\$ 46.641,6	\$ 39.003,9	\$ 33.912,1	\$ 30.275,1	\$ 27.547,4	\$ 25.425,8
<b>16-may</b>	6,3	9.291,06	\$ 55.257.697	\$ 44.795,4	\$ 37.457,7	\$ 32.565,8	\$ 29.071,7	\$ 26.451,1	\$ 24.412,8
<b>22-may</b>	6,4	9.350,52	\$ 55.603.996	\$ 45.235,4	\$ 37.828,9	\$ 32.891,3	\$ 29.364,4	\$ 26.719,2	\$ 24.661,9
<b>02-jun</b>	6,4	9.198,31	\$ 54.614.783	\$ 44.816,5	\$ 37.495,3	\$ 32.614,6	\$ 29.128,3	\$ 26.513,6	\$ 24.480,0
<b>23-jun</b>	6,4	9.110,03	\$ 54.102.040	\$ 44.435,1	\$ 37.180,0	\$ 32.343,2	\$ 28.888,4	\$ 26.297,2	\$ 24.281,9

Fuente: Propia.

Tabla 10. (Continuación)

RR02	Viaje (Round Trip)			3200 Ton.	4000 Ton.	4800 Ton.	5600 Ton.	6400 Ton.	7200 Ton.
Fecha 2009	Tiempo Viaje	ACPM Gal	ACPM \$	4 Barcazas	5 Barcazas	6 Barcazas	7 Barcazas	8 Barcazas	9 Barcazas
08-jul	7,7	9.548,02	\$ 56.611.426	\$ 49.275,9	\$ 41.303,8	\$ 35.989,0	\$ 32.192,7	\$ 29.345,5	\$ 27.131,1
23-jul	7,3	9.275,96	\$ 55.032.691	\$ 47.334,8	\$ 39.667,4	\$ 34.555,8	\$ 30.904,7	\$ 28.166,3	\$ 26.036,5
14-ago	7,0	8.977,02	\$ 53.238.526	\$ 45.673,5	\$ 38.280,3	\$ 33.351,5	\$ 29.830,9	\$ 27.190,5	\$ 25.136,8
20-ago	6,1	8.374,67	\$ 49.748.946	\$ 41.679,0	\$ 34.920,2	\$ 30.414,3	\$ 27.195,8	\$ 24.782,0	\$ 22.904,5
07-sep	6,0	8.343,38	\$ 49.573.647	\$ 41.373,9	\$ 34.660,8	\$ 30.185,4	\$ 26.988,7	\$ 24.591,1	\$ 22.726,4
30-sep	5,5	7.950,38	\$ 47.296.468	\$ 38.915,2	\$ 32.596,5	\$ 28.384,0	\$ 25.375,1	\$ 23.118,4	\$ 21.363,2
13-oct	6,9	8.981,89	\$ 54.234.358	\$ 45.811,8	\$ 38.370,3	\$ 33.409,2	\$ 29.865,6	\$ 27.207,9	\$ 25.140,8
13-oct	6,5	8.623,55	\$ 52.102.249	\$ 43.890,5	\$ 36.767,7	\$ 32.019,3	\$ 28.627,5	\$ 26.083,6	\$ 24.105,1
03-nov	7,0	9.555,06	\$ 56.594.472	\$ 47.157,9	\$ 39.466,9	\$ 34.339,6	\$ 30.677,2	\$ 27.930,4	\$ 25.794,0
13-nov	6,3	9.041,63	\$ 53.619.509	\$ 43.911,2	\$ 36.740,0	\$ 31.959,2	\$ 28.544,3	\$ 25.983,2	\$ 23.991,2
04-dic	5,4	7.756,92	\$ 46.475.905	\$ 38.255,8	\$ 32.049,2	\$ 27.911,5	\$ 24.955,9	\$ 22.739,3	\$ 21.015,2
10-dic	6,3	8.113,26	\$ 48.562.303	\$ 41.812,3	\$ 35.071,6	\$ 30.577,8	\$ 27.368,0	\$ 24.960,6	\$ 23.088,1
21-dic	6,0	8.013,72	\$ 47.979.493	\$ 40.611,9	\$ 34.047,8	\$ 29.671,7	\$ 26.546,0	\$ 24.201,7	\$ 22.378,3
27-dic	5,8	7.940,67	\$ 47.551.782	\$ 39.758,4	\$ 33.320,3	\$ 29.028,2	\$ 25.962,4	\$ 23.663,1	\$ 21.874,7
27-dic	5,8	7.987,59	\$ 47.826.528	\$ 39.942,4	\$ 33.471,6	\$ 29.157,8	\$ 26.076,4	\$ 23.765,4	\$ 21.968,0

Fuente: Propia.

Tabla 11. Consolidado tarifas Remolcador Tipo 07.

RR07	Viaje (Round Trip)			3200 Ton.	4000 Ton.	4800 Ton.	5600 Ton.	6400 Ton.	7200 Ton.
Fecha 2009	Tiempo Viaje	ACPM Gal	ACPM \$	4 Barcazas	5 Barcazas	6 Barcazas	7 Barcazas	8 Barcazas	9 Barcazas
02-ene	7,5	8.966,64	\$ 55.880.105	\$ 48.496,9	\$ 40.650,0	\$ 35.418,8	\$ 31.682,2	\$ 28.879,7	\$ 26.700,0
05-ene	7,5	8.966,64	\$ 55.880.105	\$ 48.496,9	\$ 40.650,0	\$ 35.418,8	\$ 31.682,2	\$ 28.879,7	\$ 26.700,0
24-ene	7,5	8.966,64	\$ 55.880.105	\$ 48.496,9	\$ 40.650,0	\$ 35.418,8	\$ 31.682,2	\$ 28.879,7	\$ 26.700,0
31-ene	7,5	8.966,64	\$ 55.880.105	\$ 48.496,9	\$ 40.650,0	\$ 35.418,8	\$ 31.682,2	\$ 28.879,7	\$ 26.700,0
09-feb	6,5	7.862,53	\$ 49.009.178	\$ 42.588,6	\$ 35.731,6	\$ 31.160,2	\$ 27.895,0	\$ 25.446,0	\$ 23.541,3
04-mar	6,8	8.169,51	\$ 50.922.885	\$ 44.232,8	\$ 37.100,3	\$ 32.345,3	\$ 28.948,8	\$ 26.401,5	\$ 24.420,2
12-mar	6,8	8.169,51	\$ 50.922.885	\$ 44.232,8	\$ 37.100,3	\$ 32.345,3	\$ 28.948,8	\$ 26.401,5	\$ 24.420,2
25-mar	6,8	8.169,51	\$ 50.922.885	\$ 44.232,8	\$ 37.100,3	\$ 32.345,3	\$ 28.948,8	\$ 26.401,5	\$ 24.420,2
08-abr	7,8	9.206,87	\$ 57.190.818	\$ 49.700,2	\$ 41.654,4	\$ 36.290,5	\$ 32.459,1	\$ 29.585,6	\$ 27.350,7
16-abr	7,8	9.206,87	\$ 57.190.818	\$ 49.700,2	\$ 41.654,4	\$ 36.290,5	\$ 32.459,1	\$ 29.585,6	\$ 27.350,7
23-abr	7,8	9.206,87	\$ 57.190.818	\$ 49.700,2	\$ 41.654,4	\$ 36.290,5	\$ 32.459,1	\$ 29.585,6	\$ 27.350,7
07-may	8,1	9.589,77	\$ 56.997.423	\$ 50.599,1	\$ 42.440,0	\$ 37.000,6	\$ 33.115,3	\$ 30.201,4	\$ 27.935,0
08-may	8,1	9.589,77	\$ 56.997.423	\$ 50.599,1	\$ 42.440,0	\$ 37.000,6	\$ 33.115,3	\$ 30.201,4	\$ 27.935,0
08-may	7,9	9.346,16	\$ 55.578.569	\$ 49.242,2	\$ 41.292,9	\$ 35.993,3	\$ 32.207,9	\$ 29.368,8	\$ 27.160,7
21-may	8,1	9.589,77	\$ 56.997.423	\$ 50.599,1	\$ 42.440,0	\$ 37.000,6	\$ 33.115,3	\$ 30.201,4	\$ 27.935,0
13-jun	7,6	8.990,28	\$ 53.406.546	\$ 47.453,5	\$ 39.819,4	\$ 34.730,0	\$ 31.094,7	\$ 28.368,2	\$ 26.247,7

Fuente: Propia.

Tabla 11. (Continuación)

RR07	Viaje (Round Trip)			3200 Ton.	4000 Ton.	4800 Ton.	5600 Ton.	6400 Ton.	7200 Ton.
Fecha 2009	Tiempo Viaje	ACPM Gal	ACPM \$	4 Barcazas	5 Barcazas	6 Barcazas	7 Barcazas	8 Barcazas	9 Barcazas
16-jun	7,6	8.990,28	\$ 53.406.546	\$ 47.453,5	\$ 39.819,4	\$ 34.730,0	\$ 31.094,7	\$ 28.368,2	\$ 26.247,7
09-jul	6,9	8.291,25	\$ 49.318.568	\$ 43.829,9	\$ 36.799,1	\$ 32.111,9	\$ 28.763,9	\$ 26.252,9	\$ 24.299,9
26-jul	6,9	8.291,25	\$ 49.318.568	\$ 43.829,9	\$ 36.799,1	\$ 32.111,9	\$ 28.763,9	\$ 26.252,9	\$ 24.299,9
12-ago	6,3	7.634,26	\$ 45.459.610	\$ 40.416,6	\$ 33.954,4	\$ 29.646,2	\$ 26.568,9	\$ 24.260,9	\$ 22.465,9
01-sep	6,4	7.676,94	\$ 45.712.031	\$ 40.639,1	\$ 34.139,8	\$ 29.806,9	\$ 26.711,9	\$ 24.390,7	\$ 22.585,3
18-sep	6,4	7.676,94	\$ 45.712.031	\$ 40.639,1	\$ 34.139,8	\$ 29.806,9	\$ 26.711,9	\$ 24.390,7	\$ 22.585,3
19-sep	6,4	7.676,94	\$ 45.712.031	\$ 40.639,1	\$ 34.139,8	\$ 29.806,9	\$ 26.711,9	\$ 24.390,7	\$ 22.585,3
22-sep	6,4	7.676,94	\$ 45.712.031	\$ 40.639,1	\$ 34.139,8	\$ 29.806,9	\$ 26.711,9	\$ 24.390,7	\$ 22.585,3
06-oct	6,5	7.768,20	\$ 47.012.877	\$ 41.454,7	\$ 34.808,1	\$ 30.377,0	\$ 27.211,9	\$ 24.838,1	\$ 22.991,8
13-oct	6,5	7.768,20	\$ 47.012.877	\$ 41.454,7	\$ 34.808,1	\$ 30.377,0	\$ 27.211,9	\$ 24.838,1	\$ 22.991,8
05-nov	7,4	8.776,74	\$ 52.084.656	\$ 46.217,3	\$ 38.774,0	\$ 33.811,8	\$ 30.267,4	\$ 27.609,1	\$ 25.541,5
14-nov	7,6	9.002,46	\$ 53.392.565	\$ 47.478,6	\$ 39.841,6	\$ 34.750,3	\$ 31.113,6	\$ 28.386,1	\$ 26.264,7
17-nov	7,6	9.002,46	\$ 53.392.565	\$ 47.478,6	\$ 39.841,6	\$ 34.750,3	\$ 31.113,6	\$ 28.386,1	\$ 26.264,7
22-nov	7,6	9.002,46	\$ 53.392.565	\$ 47.478,6	\$ 39.841,6	\$ 34.750,3	\$ 31.113,6	\$ 28.386,1	\$ 26.264,7
09-dic	6,1	7.395,50	\$ 44.359.809	\$ 39.311,3	\$ 33.028,6	\$ 28.840,2	\$ 25.848,4	\$ 23.604,6	\$ 21.859,4
11-dic	6,1	7.395,50	\$ 44.359.809	\$ 39.311,3	\$ 33.028,6	\$ 28.840,2	\$ 25.848,4	\$ 23.604,6	\$ 21.859,4
17-dic	6,1	7.395,50	\$ 44.359.809	\$ 39.311,3	\$ 33.028,6	\$ 28.840,2	\$ 25.848,4	\$ 23.604,6	\$ 21.859,4

Fuente: Propia.

Tabla 12. Consolidado tarifas Remolcador Tipo 13.

RR13	Viaje (Round Trip)			3200 Ton.	4000 Ton.	4800 Ton.	5600 Ton.	6400 Ton.	7200 Ton.
Fecha 2009	Tiempo Viaje	ACPM Gal	ACPM \$	4 Barcazas	5 Barcazas	6 Barcazas	7 Barcazas	8 Barcazas	9 Barcazas
02-ene	8,2	11.411,60	\$ 71.117.076	\$ 57.194,9	\$ 47.736,4	\$ 41.430,7	\$ 36.926,7	\$ 33.548,6	\$ 30.921,3
13-ene	6,3	9.699,55	\$ 60.447.602	\$ 47.131,4	\$ 39.327,8	\$ 34.125,3	\$ 30.409,3	\$ 27.622,3	\$ 25.454,6
13-feb	7,6	9.946,68	\$ 62.001.721	\$ 51.327,3	\$ 42.920,9	\$ 37.316,6	\$ 33.313,6	\$ 30.311,3	\$ 27.976,2
16-feb	6,7	9.467,42	\$ 59.014.002	\$ 47.519,5	\$ 39.707,6	\$ 34.499,7	\$ 30.779,8	\$ 27.989,8	\$ 25.819,9
07-mar	7,3	10.049,99	\$ 62.645.734	\$ 50.776,4	\$ 42.423,5	\$ 36.855,0	\$ 32.877,5	\$ 29.894,3	\$ 27.574,1
25-mar	5,8	8.927,82	\$ 55.650.162	\$ 43.527,9	\$ 36.346,3	\$ 31.558,6	\$ 28.138,7	\$ 25.573,9	\$ 23.579,0
30-mar	7,4	10.136,26	\$ 63.183.531	\$ 51.381,2	\$ 42.932,1	\$ 37.299,3	\$ 33.275,9	\$ 30.258,3	\$ 27.911,4
09-abr	7,9	11.086,36	\$ 68.849.078	\$ 55.274,7	\$ 46.138,9	\$ 40.048,4	\$ 35.698,1	\$ 32.435,3	\$ 29.897,6
14-abr	7,4	10.751,10	\$ 66.769.530	\$ 53.007,7	\$ 44.235,0	\$ 38.386,5	\$ 34.209,0	\$ 31.075,9	\$ 28.639,0
04-may	7,4	10.870,44	\$ 64.456.110	\$ 51.991,4	\$ 43.423,1	\$ 37.710,8	\$ 33.630,7	\$ 30.570,5	\$ 28.190,4
06-may	7,3	10.805,22	\$ 64.076.302	\$ 51.443,8	\$ 42.959,5	\$ 37.303,2	\$ 33.263,1	\$ 30.232,9	\$ 27.876,2
15-may	8,1	11.669,01	\$ 69.107.071	\$ 56.158,1	\$ 46.897,6	\$ 40.723,8	\$ 36.314,0	\$ 33.006,7	\$ 30.434,3
29-may	7,2	10.548,40	\$ 62.580.538	\$ 50.443,2	\$ 42.136,5	\$ 36.598,7	\$ 32.643,1	\$ 29.676,5	\$ 27.369,0
03-jun	7,7	10.769,64	\$ 63.741.033	\$ 52.426,1	\$ 43.821,7	\$ 38.085,5	\$ 33.988,1	\$ 30.915,1	\$ 28.525,0
12-jun	7,8	10.918,84	\$ 64.607.591	\$ 53.227,6	\$ 44.490,9	\$ 38.666,4	\$ 34.506,1	\$ 31.385,8	\$ 28.959,0

Fuente: Propia.



Tabla 12. (Continuación)

RR13	Viaje (Round Trip)			3200 Ton.	4000 Ton.	4800 Ton.	5600 Ton.	6400 Ton.	7200 Ton.
Fecha 2009	Tiempo Viaje	ACPM Gal	ACPM \$	4 Barcazas	5 Barcazas	6 Barcazas	7 Barcazas	8 Barcazas	9 Barcazas
<b>26-jun</b>	7,8	10.676,42	\$ 63.199.628	\$ 52.513,8	\$ 43.914,1	\$ 38.181,0	\$ 34.085,9	\$ 31.014,6	\$ 28.625,8
<b>26-jun</b>	7,2	10.212,02	\$ 60.502.368	\$ 49.484,3	\$ 41.367,3	\$ 35.955,9	\$ 32.090,7	\$ 29.191,7	\$ 26.937,0
<b>10-jul</b>	6,4	9.332,72	\$ 55.362.064	\$ 44.927,3	\$ 37.569,0	\$ 32.663,4	\$ 29.159,5	\$ 26.531,5	\$ 24.487,5
<b>18-jul</b>	6,0	9.043,72	\$ 53.685.071	\$ 43.065,5	\$ 36.004,4	\$ 31.297,0	\$ 27.934,5	\$ 25.412,7	\$ 23.451,3
<b>24-jul</b>	6,4	9.403,51	\$ 55.772.854	\$ 45.194,7	\$ 37.788,6	\$ 32.851,1	\$ 29.324,4	\$ 26.679,3	\$ 24.622,1
<b>11-ago</b>	6,8	9.397,09	\$ 55.672.100	\$ 46.434,5	\$ 38.867,2	\$ 33.822,2	\$ 30.218,7	\$ 27.516,1	\$ 25.414,0
<b>24-ago</b>	6,7	9.237,99	\$ 54.750.417	\$ 45.465,4	\$ 38.054,2	\$ 33.113,4	\$ 29.584,2	\$ 26.937,4	\$ 24.878,7
<b>24-ago</b>	6,0	8.731,50	\$ 51.816.175	\$ 42.220,0	\$ 35.327,2	\$ 30.732,0	\$ 27.449,7	\$ 24.988,0	\$ 23.073,4
<b>07-sep</b>	5,8	8.614,95	\$ 51.147.168	\$ 41.486,7	\$ 34.711,2	\$ 30.194,2	\$ 26.967,8	\$ 24.548,0	\$ 22.665,9
<b>29-sep</b>	5,5	8.468,86	\$ 50.300.671	\$ 40.253,7	\$ 33.667,1	\$ 29.276,1	\$ 26.139,6	\$ 23.787,2	\$ 21.957,6
<b>16-oct</b>	5,8	8.656,76	\$ 52.299.838	\$ 41.789,5	\$ 34.939,2	\$ 30.372,3	\$ 27.110,2	\$ 24.663,7	\$ 22.760,8
<b>28-oct</b>	6,4	8.881,94	\$ 53.639.633	\$ 44.226,2	\$ 36.999,9	\$ 32.182,3	\$ 28.741,2	\$ 26.160,4	\$ 24.153,0
<b>18-nov</b>	6,4	9.799,26	\$ 58.009.436	\$ 46.289,6	\$ 38.671,0	\$ 33.591,9	\$ 29.964,0	\$ 27.243,0	\$ 25.126,7
<b>23-nov</b>	7,2	10.315,02	\$ 60.997.939	\$ 49.694,4	\$ 41.534,6	\$ 36.094,7	\$ 32.209,1	\$ 29.294,9	\$ 27.028,3
<b>16-dic</b>	5,9	8.497,77	\$ 50.813.608	\$ 41.647,3	\$ 34.860,6	\$ 30.336,2	\$ 27.104,4	\$ 24.680,6	\$ 22.795,4
<b>18-dic</b>	6,8	8.851,36	\$ 52.883.924	\$ 45.013,7	\$ 37.718,6	\$ 32.855,2	\$ 29.381,3	\$ 26.775,9	\$ 24.749,5

Fuente: Propia.

Según las condiciones meteorológicas expuestas en la Tabla 9, la empresa deberá consultar la escala de tarifas según el tipo de remolcador que se muestra en las Tablas 10, 11, 12 y la mejor combinación de rpm. propuestas por el modelo... Véase Anexo J, M, P... que se adapte a la época en que se solicita la cotización, obteniéndose además el consumo de combustible... Véase Anexo L, O, R... y el tiempo de viaje estimados... Véase Anexo S, T, U... Para interpretar las tablas del consolidado de tarifas, ponemos como ejemplo el siguiente caso:

Para un remolcador Tipo 13, que emprende un viaje de Cartagena a Barrancabermeja en el mes de junio en condiciones hidro-meteorológicas neutras, la combinación de rpm por tramo sugerida se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 13. RPM sugeridas por tramo.

	Tramo	RPM
1	Cartagena	1200
2	Calamar	1200
3	Tacamocho	1200
4	Barbosa	1100
5	Sitio Nuevo	1200
6	Coyongal	1100
7	Armenia	900
8	Las Palomas	1100
9	Las Aguadas	1200
10	Peñoncito	1200
11	Regidor	900
12	El Contento	1000
13	Puerto Wilches	800

**Fuente:** Propia.

Con un consumo de combustible de 10.212 gal de ACPM, un tiempo de viaje (Round Trip) de 7,2 días transportando una carga de 3.200 ton. repartidas en 4 barcasas, la tarifa por tonelada para este viaje sería de \$49.484 pesos.

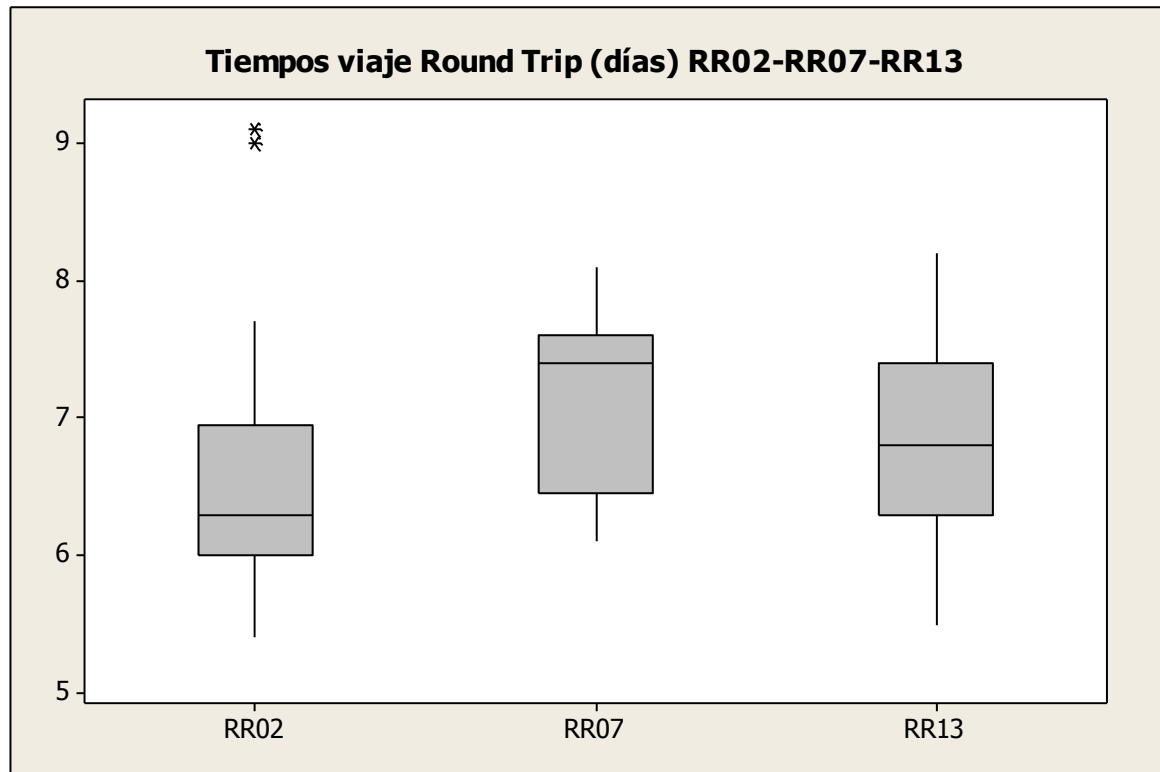
## 8. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO.

- Se utilizó un contador para verificar que el número de entidades generadas corresponden a la cantidad obtenida de los datos históricos, para los viajes realizados por los remolcadores en todo el año.
- Se realizaron pruebas de escritorio empleando las fórmulas que se ingresaron al modelo para el cálculo de las variables con valores históricos, para verificar el cálculo correcto en el modelo.
- Los tiempos de viaje se encuentran en el rango de los tiempos mínimos y máximos establecidos, estos son entre 5 y 10 días. Los tiempos del remolcador RR2 son los que presentan mayor grado de variabilidad y en específico un sesgo hacia el lado superior del diagrama debido a la presencia de dos datos atípicos extremos, estos no son representativos de la muestra ya que como se puede observar el 75% de los datos son menores a 6,94 días y el 93% de los mismos son menores a 7,92 días.

Por otro lado en el diagrama de los tiempos de viaje del remolcador RR07 se puede observar un sesgo hacia la parte inferior del diagrama, en donde el 50% de los datos son menores a 7,25 días y el 75% de los mismos son menores a 7,70 días.

Con respecto al comportamiento del remolcador RR13, al contrario del anterior, presenta un sesgo hacia la parte superior del diagrama, en donde el 25% de los datos son menores a 6,37 días, el 50% de los datos son menores a 6,83 días y el 75% de los datos muestrales son menores a 7,51 días. Todo esto se puede observar en la gráfica 11.

Gráfica 11. Diagrama caja y bigote tiempos de viaje por remolcador.



**Fuente:** Propia.

- No se cuenta con datos históricos que permitan analizar estadísticamente los resultados del modelo con información real de los datos de las operaciones. Teniendo en cuenta que las navieras manejan dicha información de forma confidencial y no se tiene certeza de si estas empresas recolectan la información de entrada requerida para el modelo. Se podría obtener datos aplicando la metodología en campo para realizar el análisis y comparar esta información con los datos obtenidos del modelo.

- Se validaron algunas tarifas finales con una empresa del sector encontrando que son factibles los resultados del modelo... Véase Anexo V... donde pueden observarse los viajes que dicha empresa ha realizado durante los últimos años en el sector objeto de estudio y la tarifa que emplearon teniendo como margen de ganancia 0% en algunos casos ya que la estimación del combustible y tiempo de operación fueron consultados a los capitanes según su experiencia y por la falta de control de las variables operacionales y la relación del consumo de combustible con las condiciones hidro-meteorológicas. Al momento de validar la información se encontró que la tarifa empleada es muy similar a la propuesta en algunos casos, pero los tiempos de operación y consumo de combustible superan los propuestos por el modelo.

## **9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **9.1 CONCLUSIONES**

Claramente el transporte fluvial es mucho más competitivo transportando grandes volúmenes de carga en largas distancias a bajos costos, sin mencionar que el impacto que genera sobre el medio ambiente es mucho menor que el transporte férreo y carretero. Aun así, dados los pocos controles que las empresas ejercen sobre las operaciones y el poco estudio de las variables no controlables que inciden sobre este medio, hacen que este tipo de transporte sea demasiado ineficiente reflejándose en costos elevados de sus operaciones lo cual reduce el margen de utilidad esperado, afectaciones en tiempos de entrega, entre otros, lo que ocasiona que dichas ventajas se vean desdibujadas al momento de ofrecer tarifas de transporte a los clientes.

Por esta razón, se desarrolló un modelo de simulación que permite recrear la navegación considerando variables no controlables como las condiciones hidro-meteorológicas, las características de propulsión de los remolcadores, así como los costos generales de la operación, por medio del cual se puede soportar la toma de decisiones con el fin de proponer tarifas basados en tiempos y variables controlables de la operación para el transporte fluvial en la corriente del Magdalena entre Barranquilla, Cartagena y Barrancabermeja.

La metodología planteada permite adaptar la política de tarifas conforme a los fenómenos naturales y condiciones hidro-meteorológicas que inciden sobre la navegación en el río Magdalena modificando los datos de entrada que requiere el modelo de simulación de acuerdo a las condiciones a las que se enfrentan, la información se presenta en tablas organizadas con las tarifas sugeridas por tipo de remolcador, para cada mes, según el fenómeno que se esté presentando.

Este modelo permite a las empresas evaluar escenarios y optimizar sus operaciones, apoyando el proceso de la toma de decisiones relacionadas con las áreas comerciales y operacionales de las empresas navieras que ofrecen estos servicios, brindando una mayor seguridad al momento de negociar las tarifas con sus clientes, teniendo en cuenta los factores antecedentes que afectan la logística de sus operaciones. El modelo puede replicarse siempre y cuando la empresa naviera suministre la información de entrada requerida por el modelo para cada escenario en particular.

## **9.2 RECOMENDACIONES**

Se recomienda a las empresas navieras usar un mecanismo estadístico de los diferentes tiempos, consumos y costos de operación para mantener los datos actualizados y alimentar el modelo validando así las opciones recomendadas por viajes en las distintas épocas del año y de acuerdo al fenómeno hidrometeorológico del momento, de esta forma garantizar que la toma de decisiones en cuanto a la política de tarifas sea segura y confiable.

Se debe convenir o acordar estrategias de colaboración con los desarrolladores del proyecto para la implementación, desarrollo y mejoramiento de esta herramienta en la compañía que lo solicite.

Siendo de vital importancia hacerle ver a las empresas navieras el valor del desarrollo e investigación de nuevas herramientas que ayuden a la sostenibilidad de la navegación en el Río Magdalena, contribuyendo así de forma significativa al progreso continuo de la economía del país.

## BIBLIOGRAFÍA

*Cormagdalena*. (6 de Agosto de 2013). Obtenido de Cormagdalena:  
<http://www.cormagdalena.com.co/>

AGROPECUARIO, D.-I. C. (2013-2014). *PROTOCOLO DE TRASPORTE DE PERSONAL PARA EL OPERATIVO DE CAMPO EN RECOLECCION POR RUTAS*.

Bronzini, M. (1976). OPTIMAL CARGO VEHICLE FLOW PATTERNS FOR INLAND WATERWAY SYSTEMS. *Transportation Research Board*, 1-12.

Bu, R. C. (2003). *Simulación Un Enfoque Practico*. Mexico: LIMUSA S.A.

Bush, A., Biles, W. E., & DePuy, G. W. (2003). Waterway, shipping, and ports: iterative optimization and simulation of barge traffic on an inland waterway. *WSC '03 Proceedings of the 35th conference on Winter simulation: driving innovation* (págs. 1751-1756). Winter Simulation Conference ©2003.

Cabralles, G. V. (1997). *METODOLOGÍA. Un manual para la elaboración de diseños y proyectos de investigación*. Barranquilla: Unicosta.

Centro Náutico, A. y. (2007). *Subsector Transporte Fluvial*. Cartagena.

Desai, K., & Prock, J. (1978). A simulation study of operational procedures for increasing the efficiency of inland waterways transportation. *WSC '78 Proceedings of the 10th conference on Winter simulation - Volume 2* (págs. 571-582). Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society Press.

Dong, J., & Song, D. (2009). Container fleet sizing and empty repositioning in liner shipping systems. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 860-877.

Fabregas, A., & Wadnipar, R. (2003). *Simulacion de sistemas productivos con arena*. Barranquilla: Uninorte.

Fedesarrollo. (2013). *Indicadores del sector transporte en Colombia*.

Florez, H. C. (2006). *Metodologías Tarifarias del Transporte Fluvial en Colombia*. Bogotá D.C.

Hernandez Blanco, M. E., Herrera Hernandez, R. J., Villalba Acosta, L. m., & Gomez Marriaga, J. L. (2007). *Estudio de caracterizacion trasporte acuatico*. Cartagena: Alexander Acosta.

Himmelblau, D. M., & Bischoff, K. B. (2004). *Análisis y simulación de procesos*. Barcelona: Reverté.

IDEAM. (2006). *EL NIÑO EN COLOMBIA*. BOGOTA .

IDEAM. (2006). *LA NIÑA EN COLOMBIA*. BOGOTA.

Koh, K., Yasukawa, H., & Hirata, N. (2008). Hydrodynamic derivatives investigation of unconventionally arranged pusher-barge systems. *Journal of Marine Science and Technology*, 256-268.

Koh, K., Yasukawa, H., Hirata, N., & Kose, K. (2008). Maneuvering simulations of pusher-barge systems. *Journal of Marine Science and Technology*, 117-126.

Lua, C., & Yan, X. (2014). The break-even distance of road and inland waterway freight transportation systems. *Maritime Economics & Logistics*.

Mar, V. a. (5 de Marzo de 2011). *Vista al Mar*. Obtenido de <http://www.vistaalmar.es/ciencia-tecnologia/ingenieria-innovacion/1176-ique-es-la-batimetria.html>

Marasš, V. (2008). Determining Optimal Transport Routes of Inland Waterway Container Ships. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 50-58.



- Olaya, J. E. (11 de Abril de 2011). *www.supertransporte.gov*. Recuperado el 25 de Marzo de 2013, de *www.supertransporte.gov.co*: [http://www.supertransporte.gov.co:8080/super/phocadownload/Nuestra\\_Institucion/Delegada\\_de\\_Puertos/Glosario-Portuario/Glosario%20portuario.pdf](http://www.supertransporte.gov.co:8080/super/phocadownload/Nuestra_Institucion/Delegada_de_Puertos/Glosario-Portuario/Glosario%20portuario.pdf).
- Panza Mejia, E. J., & Lopez Claro, A. A. (2006). *Caracterizacion ocupacional Servicios Portuarios*. Barranquilla: Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.
- Piera, M. A., Casanovas, J., & Ramos, J. j. (2013). *Cómo mejorar la logística de su empresa mediante la simulación*. Madrid: Dias de Santos, S.A.
- Portuarios, S.-M. S. (2006). *Caracterización Ocupacional Servicios Portuarios*. Barranquilla.
- Quintana, A. L. (2011). *Estudio y modelación de tarifas fluviales por el Río Magdalena entre Barrancabermeja y Barranquilla en función de los costos de operación y los volúmenes de carga a trasportar*. Barranquilla.
- Rios Griego, J. H. (2006). *Desarrollo de un sistema de soporte para la toma de decisiones en la planificaicon de las operaciones de trasporte de carga fluvial meidante simulacion y optimizacion heruristica*. Barranquilla: Rios Griego,John Henry.
- Smith, L. D., Sweeney, D. C., & Campbell, J. F. (2009). Simulation of alternative approaches to relieving congestion at locks in a river transportion system. *Journal of the Operational Research Society*.
- Swedish, J. (1998). Simulation of an inland waterway barge fleet distribution network. *Simulation Conference Proceedings*, 1219-1221.
- Ting, C., & Schonfeld, P. (1999). Effects of Speed Control on Tow Travel Costs. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 203-206.
- Ting, C., & Schonfeld, P. (2007). Optimization Through Simulation of Waterway Transportation Investments. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 11-16.

Transporte, M. d. (1997). *Decreto 3112/97*. Bogotá.

Velednitsky, I., Basin, A., & Lyakhovitsky, A. (1976). Determination of resistance of displacement ships in shallow water. *Ship Hydrodynamics in shallow water*, 266-275.

Wang, C., Wang, J., Li, G., Yan, Y., Wang, B., & Xu, Y. (1981). On the trend towards the development of push-train of the lower ChangJiang (Yangtze) river in near future. *Transactions of the chinese society of naval architecture and marine engineering* N. 74, 34-45.

Yáñez, W. R. (2012). *Modelo de gestión de inventarios para la empresa Martec Cia. Ltda.* Quito.

## ANEXOS

### Anexo A. RPM iniciales sin ser optimizadas del RR02.

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	13-ene	2	1	900	1100	1200	1100	800	1100	800	1000	700	700	800	700	700
2	16-ene	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
3	22-ene	2	1	900	1100	1200	1100	800	1100	800	1000	700	700	800	700	700
4	22-ene	2	1	900	1100	1200	1100	800	1100	800	1000	700	700	800	700	700
5	22-ene	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
6	24-ene	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
7	24-ene	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
8	09-feb	2	1	700	900	1100	900	700	1000	900	1000	700	700	800	800	700
9	10-feb	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
10	14-feb	2	1	700	900	1100	900	700	1000	900	1000	700	700	800	800	700
11	16-feb	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
12	19-feb	2	1	700	900	1100	900	700	1000	900	1000	700	700	800	800	700
13	19-feb	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
14	27-feb	2	1	700	900	1100	900	700	1000	900	1000	700	700	800	800	700
15	04-mar	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
16	08-mar	2	1	600	900	1000	900	700	1000	1000	1000	700	800	800	800	800

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

# Anexo A. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
17	08-mar	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
18	22-mar	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
19	31-mar	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
20	08-abr	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
21	29-abr	2	1	700	1000	1100	1000	800	1100	1200	1200	800	800	1000	900	800
22	29-abr	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
23	05-may	1	1	800	1000	1200	1000	800	1100	1100	1200	700	1000	900	800	800
24	08-may	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
25	16-may	2	1	800	1000	1200	1000	800	1100	1100	1200	800	1000	900	800	800
26	17-may	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
27	22-may	2	1	800	1000	1200	1000	800	1100	1100	1200	800	1000	900	800	800
28	24-may	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
29	02-jun	2	1	800	1000	1200	1000	800	1100	1000	1100	700	1000	900	800	700
30	02-jun	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
31	23-jun	2	1	800	1000	1200	1000	800	1100	1000	1100	700	1000	900	800	700
32	23-jun	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
33	24-jun	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
34	08-jul	2	1	700	1000	1100	1000	800	1000	900	1000	700	800	800	700	600

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo A. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
35	09-jul	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
36	18-jul	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
37	23-jul	2	1	700	1000	1100	1000	800	1000	900	1000	700	800	800	700	600
38	26-jul	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
39	06-ago	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
40	14-ago	2	1	700	900	1000	900	700	1000	900	900	600	600	700	700	600
41	17-ago	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
42	20-ago	2	1	700	900	1000	900	700	1000	900	900	600	600	700	700	600
43	20-ago	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
44	28-ago	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
45	07-sep	2	1	700	900	1000	900	700	1000	1100	800	600	700	700	700	700
46	13-sep	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
47	24-sep	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
48	30-sep	2	1	700	900	1000	900	700	1000	1100	800	600	700	700	700	700
49	11-oct	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
50	13-oct	2	1	600	900	1000	900	700	1000	1200	800	600	900	700	600	700
51	13-oct	2	1	600	900	1000	900	700	1000	1200	800	600	900	700	600	700
52	14-oct	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

# Anexo A. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
53	20-oct	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
54	03-nov	2	1	700	1000	1100	1000	800	1100	1200	1100	700	900	900	700	700
55	07-nov	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
56	13-nov	2	1	700	1000	1100	1000	800	1100	1200	1100	700	900	900	700	700
57	13-nov	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
58	15-nov	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
59	26-nov	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
60	04-dic	2	1	700	900	900	800	600	900	1000	800	600	700	700	600	600
61	04-dic	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
62	10-dic	2	1	700	900	900	800	600	900	1000	800	600	700	700	600	600
63	11-dic	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
64	21-dic	2	1	700	900	900	800	600	900	1000	800	600	700	700	600	600
65	27-dic	2	1	700	900	900	800	600	900	1000	800	600	700	700	600	600
66	27-dic	2	1	700	900	900	800	600	900	1000	800	600	700	700	600	600
67	28-dic	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

Anexo B. Tiempos de viajes iniciales del RR02.

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	13-ene	2	1	19,53	13,02	5,95	0,88	3,61	1,67	3,63	2,48	2,18	7,20	7,39	10,29	14,12
2	16-ene	4	0	5,13	2,87	2,51	2,40	0,79	0,91	1,56	0,70	0,88	0,22	2,70	3,90	4,76
3	22-ene	2	1	19,53	13,02	5,95	0,88	3,61	1,67	3,63	2,48	2,18	7,20	7,39	10,29	14,12
4	22-ene	2	1	19,53	13,02	5,95	0,88	3,61	1,67	3,63	2,48	2,18	7,20	7,39	10,29	14,12
5	22-ene	4	0	5,13	2,87	2,51	2,40	0,79	0,91	1,56	0,70	0,88	0,22	2,70	3,90	4,76
6	24-ene	4	0	5,13	2,87	2,51	2,40	0,79	0,91	1,56	0,70	0,88	0,22	2,70	3,90	4,76
7	24-ene	4	0	5,13	2,87	2,51	2,40	0,79	0,91	1,56	0,70	0,88	0,22	2,70	3,90	4,76
8	09-feb	2	1	18,71	15,28	6,11	1,03	3,68	1,84	3,24	2,15	2,03	6,29	7,27	7,85	15,00
9	10-feb	4	0	5,02	2,81	2,52	2,52	0,81	0,97	1,47	0,74	0,97	0,26	2,92	4,42	5,86
10	14-feb	2	1	18,71	15,28	6,11	1,03	3,68	1,84	3,24	2,15	2,03	6,29	7,27	7,85	15,00
11	16-feb	4	0	5,02	2,81	2,52	2,52	0,81	0,97	1,47	0,74	0,97	0,26	2,92	4,42	5,86
12	19-feb	2	1	18,71	15,28	6,11	1,03	3,68	1,84	3,24	2,15	2,03	6,29	7,27	7,85	15,00
13	19-feb	4	0	5,02	2,81	2,52	2,52	0,81	0,97	1,47	0,74	0,97	0,26	2,92	4,42	5,86
14	27-feb	2	1	18,71	15,28	6,11	1,03	3,68	1,84	3,24	2,15	2,03	6,29	7,27	7,85	15,00
15	04-mar	4	0	4,42	2,54	2,32	2,24	0,79	0,94	1,37	0,74	1,00	0,26	3,03	4,35	6,34
16	08-mar	2	1	20,96	16,20	6,93	0,90	3,35	1,81	3,04	2,28	2,19	6,43	9,60	11,17	16,22
17	08-mar	4	0	4,42	2,54	2,32	2,24	0,79	0,94	1,37	0,74	1,00	0,26	3,03	4,35	6,34
18	22-mar	4	0	4,42	2,54	2,32	2,24	0,79	0,94	1,37	0,74	1,00	0,26	3,03	4,35	6,34

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo B. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	31-mar	4	0	4,42	2,54	2,32	2,24	0,79	0,94	1,37	0,74	1,00	0,26	3,03	4,35	6,34
20	08-abr	4	0	4,35	2,51	2,05	2,19	0,71	0,81	1,19	0,69	0,90	0,24	2,76	4,06	5,80
21	29-abr	2	1	19,40	15,13	6,93	1,00	3,35	1,71	2,79	2,19	2,13	6,86	7,77	8,21	17,18
22	29-abr	4	0	4,35	2,51	2,05	2,19	0,71	0,81	1,19	0,69	0,90	0,24	2,76	4,06	5,80
23	05-may	1	1	12,10	17,12	6,13	1,17	3,69	1,75	3,23	2,03	2,93	8,27	9,60	10,47	14,06
24	08-may	4	0	4,61	2,58	2,12	1,74	0,72	0,83	1,22	0,69	0,88	0,23	2,67	3,94	5,47
25	16-may	2	1	16,69	17,12	6,13	1,17	3,69	1,75	3,23	2,03	2,06	8,27	9,60	10,47	14,06
26	17-may	4	0	4,61	2,58	2,12	1,74	0,72	0,83	1,22	0,69	0,88	0,23	2,67	3,94	5,47
27	22-may	2	1	16,69	17,12	6,13	1,17	3,69	1,75	3,23	2,03	2,06	8,27	9,60	10,47	14,06
28	24-may	4	0	4,61	2,58	2,12	1,74	0,72	0,83	1,22	0,69	0,88	0,23	2,67	3,94	5,47
29	02-jun	2	1	16,49	16,65	6,01	1,12	3,37	1,62	3,19	2,03	2,46	6,56	7,56	8,67	14,42
30	02-jun	4	0	5,09	2,72	2,26	1,84	0,76	0,90	1,34	0,71	0,90	0,23	2,69	3,97	5,49
31	23-jun	2	1	16,49	16,65	6,01	1,12	3,37	1,62	3,19	2,03	2,46	6,56	7,56	8,67	14,42
32	23-jun	4	0	5,09	2,72	2,26	1,84	0,76	0,90	1,34	0,71	0,90	0,23	2,69	3,97	5,49
33	24-jun	4	0	5,09	2,72	2,26	1,84	0,76	0,90	1,34	0,71	0,90	0,23	2,69	3,97	5,49
34	08-jul	2	1	21,56	15,80	6,76	0,94	2,83	1,85	3,58	2,11	2,09	7,13	7,28	8,89	15,04
35	09-jul	4	0	5,64	3,00	2,52	2,17	0,80	0,98	1,41	0,74	0,95	0,24	2,79	4,02	5,63
36	18-jul	4	0	5,64	3,00	2,52	2,17	0,80	0,98	1,41	0,74	0,95	0,24	2,79	4,02	5,63

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.



Anexo B. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
37	23-jul	2	1	21,56	15,80	6,76	0,94	2,83	1,85	3,58	2,11	2,09	7,13	7,28	8,89	15,04
38	26-jul	4	0	5,64	3,00	2,52	2,17	0,80	0,98	1,41	0,74	0,95	0,24	2,79	4,02	5,63
39	06-ago	4	0	5,49	3,02	2,62	2,58	0,86	1,05	1,49	0,77	1,00	0,25	2,95	4,36	6,17
40	14-ago	2	1	16,15	16,18	7,37	1,12	3,31	1,68	3,16	2,25	2,37	8,23	8,96	8,68	16,22
41	17-ago	4	0	5,49	3,02	2,62	2,58	0,86	1,05	1,49	0,77	1,00	0,25	2,95	4,36	6,17
42	20-ago	2	1	16,15	16,18	7,37	1,12	3,31	1,68	3,16	2,25	2,37	8,23	8,96	8,68	16,22
43	20-ago	4	0	5,49	3,02	2,62	2,58	0,86	1,05	1,49	0,77	1,00	0,25	2,95	4,36	6,17
44	28-ago	4	0	5,49	3,02	2,62	2,58	0,86	1,05	1,49	0,77	1,00	0,25	2,95	4,36	6,17
45	07-sep	2	1	16,29	15,11	7,22	1,07	3,23	1,66	2,88	2,75	2,38	6,59	8,16	8,45	13,27
46	13-sep	4	0	5,25	3,05	2,70	2,48	0,86	1,07	1,28	0,77	1,01	0,25	2,97	4,44	6,15
47	24-sep	4	0	5,25	3,05	2,70	2,48	0,86	1,07	1,28	0,77	1,01	0,25	2,97	4,44	6,15
48	30-sep	2	1	16,29	15,11	7,22	1,07	3,23	1,66	2,88	2,75	2,38	6,59	8,16	8,45	13,27
49	11-oct	4	0	5,09	3,22	2,62	2,00	0,87	1,12	1,19	0,77	1,04	0,26	3,09	4,46	6,51
50	13-oct	2	1	19,31	14,84	6,60	0,90	2,93	1,64	2,80	2,49	2,29	6,73	9,00	10,21	14,38
51	13-oct	2	1	19,31	14,84	6,60	0,90	2,93	1,64	2,80	2,49	2,29	6,73	9,00	10,21	14,38
52	14-oct	4	0	5,09	3,22	2,62	2,00	0,87	1,12	1,19	0,77	1,04	0,26	3,09	4,46	6,51
53	20-oct	4	0	5,09	3,22	2,62	2,00	0,87	1,12	1,19	0,77	1,04	0,26	3,09	4,46	6,51
54	03-nov	2	1	20,18	14,97	7,12	1,17	3,27	1,64	3,40	2,04	2,42	8,72	7,28	9,95	18,16

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo B. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
55	07-nov	4	0	4,74	2,89	2,28	1,87	0,76	0,90	1,10	0,71	0,91	0,23	2,73	4,07	5,73
56	13-nov	2	1	20,18	14,97	7,12	1,17	3,27	1,64	3,40	2,04	2,42	8,72	7,28	9,95	18,16
57	13-nov	4	0	4,74	2,89	2,28	1,87	0,76	0,90	1,10	0,71	0,91	0,23	2,73	4,07	5,73
58	15-nov	4	0	4,74	2,89	2,28	1,87	0,76	0,90	1,10	0,71	0,91	0,23	2,73	4,07	5,73
59	26-nov	4	0	4,74	2,89	2,28	1,87	0,76	0,90	1,10	0,71	0,91	0,23	2,73	4,07	5,73
60	04-dic	2	1	16,35	14,28	7,72	1,08	3,55	1,98	3,12	2,60	2,24	8,80	7,41	8,07	14,67
61	04-dic	4	0	5,70	3,51	2,79	2,26	0,88	1,09	1,36	0,79	1,10	0,28	3,19	4,52	6,14
62	10-dic	2	1	16,35	14,28	7,72	1,08	3,55	1,98	3,12	2,60	2,24	8,80	7,41	8,07	14,67
63	11-dic	4	0	5,70	3,51	2,79	2,26	0,88	1,09	1,36	0,79	1,10	0,28	3,19	4,52	6,14
64	21-dic	2	1	16,35	14,28	7,72	1,08	3,55	1,98	3,12	2,60	2,24	8,80	7,41	8,07	14,67
65	27-dic	2	1	16,35	14,28	7,72	1,08	3,55	1,98	3,12	2,60	2,24	8,80	7,41	8,07	14,67
66	27-dic	2	1	16,35	14,28	7,72	1,08	3,55	1,98	3,12	2,60	2,24	8,80	7,41	8,07	14,67
67	28-dic	4	0	5,70	3,51	2,79	2,26	0,88	1,09	1,36	0,79	1,10	0,28	3,19	4,52	6,14

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

Anexo C. Consumo de combustible inicial del RR02.

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	13-ene	2	1	1823,13	1485,54	740,08	100,76	299,35	190,15	301,23	257,59	158,46	522,54	612,95	747,35	1025,36
2	16-ene	4	0	265,87	148,66	130,01	124,44	40,86	47,34	80,77	36,37	45,79	11,63	140,14	202,39	246,80
3	22-ene	2	1	1823,13	1485,54	740,08	100,76	299,35	190,15	301,23	257,59	158,46	522,54	612,95	747,35	1025,36
4	22-ene	2	1	1823,13	1485,54	740,08	100,76	299,35	190,15	301,23	257,59	158,46	522,54	612,95	747,35	1025,36
5	22-ene	4	0	265,87	148,66	130,01	124,44	40,86	47,34	80,77	36,37	45,79	11,63	140,14	202,39	246,80
6	24-ene	4	0	265,87	148,66	130,01	124,44	40,86	47,34	80,77	36,37	45,79	11,63	140,14	202,39	246,80
7	24-ene	4	0	265,87	148,66	130,01	124,44	40,86	47,34	80,77	36,37	45,79	11,63	140,14	202,39	246,80
8	09-feb	2	1	1358,67	1426,92	697,09	95,70	267,52	191,16	302,08	223,37	147,74	456,90	603,19	651,41	1088,95
9	10-feb	4	0	260,35	145,76	130,73	130,70	41,96	50,17	76,37	38,22	50,36	13,24	151,24	229,48	304,05
10	14-feb	2	1	1358,67	1426,92	697,09	95,70	267,52	191,16	302,08	223,37	147,74	456,90	603,19	651,41	1088,95
11	16-feb	4	0	260,35	145,76	130,73	130,70	41,96	50,17	76,37	38,22	50,36	13,24	151,24	229,48	304,05
12	19-feb	2	1	1358,67	1426,92	697,09	95,70	267,52	191,16	302,08	223,37	147,74	456,90	603,19	651,41	1088,95
13	19-feb	4	0	260,35	145,76	130,73	130,70	41,96	50,17	76,37	38,22	50,36	13,24	151,24	229,48	304,05
14	27-feb	2	1	1358,67	1426,92	697,09	95,70	267,52	191,16	302,08	223,37	147,74	456,90	603,19	651,41	1088,95
15	04-mar	4	0	229,10	131,75	120,57	116,18	40,84	48,97	71,05	38,46	51,71	13,73	156,91	225,78	329,01
16	08-mar	2	1	1304,34	1512,46	718,33	83,82	243,33	188,23	315,46	236,24	158,68	533,20	796,77	926,53	1345,82
17	08-mar	4	0	229,10	131,75	120,57	116,18	40,84	48,97	71,05	38,46	51,71	13,73	156,91	225,78	329,01
18	22-mar	4	0	229,10	131,75	120,57	116,18	40,84	48,97	71,05	38,46	51,71	13,73	156,91	225,78	329,01

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

## Anexo C. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	31-mar	4	0	229,10	131,75	120,57	116,18	40,84	48,97	71,05	38,46	51,71	13,73	156,91	225,78	329,01
20	08-abr	4	0	225,66	130,12	106,31	113,66	36,96	41,76	61,60	36,00	46,67	12,23	143,14	210,68	300,69
21	29-abr	2	1	1408,98	1569,87	790,91	103,85	278,08	194,90	347,69	272,98	177,14	569,34	806,39	766,61	1425,49
22	29-abr	4	0	225,66	130,12	106,31	113,66	36,96	41,76	61,60	36,00	46,67	12,23	143,14	210,68	300,69
23	05-may	1	1	1004,11	1776,28	762,41	121,84	306,27	199,12	368,06	252,12	212,45	858,24	896,33	868,84	1166,93
24	08-may	4	0	239,08	133,77	110,05	90,39	37,42	43,07	63,30	35,69	45,54	11,81	138,30	204,31	283,76
25	16-may	2	1	1385,01	1776,28	762,41	121,84	306,27	199,12	368,06	252,12	170,84	858,24	896,33	868,84	1166,93
26	17-may	4	0	239,08	133,77	110,05	90,39	37,42	43,07	63,30	35,69	45,54	11,81	138,30	204,31	283,76
27	22-may	2	1	1385,01	1776,28	762,41	121,84	306,27	199,12	368,06	252,12	170,84	858,24	896,33	868,84	1166,93
28	24-may	4	0	239,08	133,77	110,05	90,39	37,42	43,07	63,30	35,69	45,54	11,81	138,30	204,31	283,76
29	02-jun	2	1	1367,96	1727,03	747,59	116,32	279,89	184,61	331,26	231,74	178,39	679,94	705,73	719,52	1047,20
30	02-jun	4	0	263,88	140,98	117,04	95,67	39,27	46,91	69,56	36,83	46,59	11,92	139,51	205,66	284,93
31	23-jun	2	1	1367,96	1727,03	747,59	116,32	279,89	184,61	331,26	231,74	178,39	679,94	705,73	719,52	1047,20
32	23-jun	4	0	263,88	140,98	117,04	95,67	39,27	46,91	69,56	36,83	46,59	11,92	139,51	205,66	284,93
33	24-jun	4	0	263,88	140,98	117,04	95,67	39,27	46,91	69,56	36,83	46,59	11,92	139,51	205,66	284,93
34	08-jul	2	1	1565,20	1638,69	771,35	97,20	234,84	191,75	334,31	218,77	151,69	591,90	603,99	645,31	936,19
35	09-jul	4	0	292,61	155,50	130,67	112,30	41,53	50,65	73,16	38,18	49,09	12,43	144,60	208,33	291,98
36	18-jul	4	0	292,61	155,50	130,67	112,30	41,53	50,65	73,16	38,18	49,09	12,43	144,60	208,33	291,98

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo C. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
37	23-jul	2	1	1565,20	1638,69	771,35	97,20	234,84	191,75	334,31	218,77	151,69	591,90	603,99	645,31	936,19
38	26-jul	4	0	292,61	155,50	130,67	112,30	41,53	50,65	73,16	38,18	49,09	12,43	144,60	208,33	291,98
39	06-ago	4	0	284,85	156,75	135,92	133,68	44,61	54,35	77,19	39,79	51,91	12,98	152,87	225,87	319,92
40	14-ago	2	1	1172,95	1510,19	764,51	104,33	240,22	174,01	295,18	210,28	147,80	512,42	650,44	630,50	1009,45
41	17-ago	4	0	284,85	156,75	135,92	133,68	44,61	54,35	77,19	39,79	51,91	12,98	152,87	225,87	319,92
42	20-ago	2	1	1172,95	1510,19	764,51	104,33	240,22	174,01	295,18	210,28	147,80	512,42	650,44	630,50	1009,45
43	20-ago	4	0	284,85	156,75	135,92	133,68	44,61	54,35	77,19	39,79	51,91	12,98	152,87	225,87	319,92
44	28-ago	4	0	284,85	156,75	135,92	133,68	44,61	54,35	77,19	39,79	51,91	12,98	152,87	225,87	319,92
45	07-sep	2	1	1182,45	1410,96	748,98	99,66	234,61	172,38	328,21	228,22	148,25	478,59	592,29	613,78	963,72
46	13-sep	4	0	272,19	158,25	139,94	128,37	44,56	55,48	66,35	39,96	52,29	13,11	154,15	230,23	318,94
47	24-sep	4	0	272,19	158,25	139,94	128,37	44,56	55,48	66,35	39,96	52,29	13,11	154,15	230,23	318,94
48	30-sep	2	1	1182,45	1410,96	748,98	99,66	234,61	172,38	328,21	228,22	148,25	478,59	592,29	613,78	963,72
49	11-oct	4	0	264,14	166,82	135,73	103,79	45,21	57,87	61,51	40,16	54,05	13,72	160,39	231,47	337,72
50	13-oct	2	1	1201,94	1385,77	684,32	83,94	212,45	170,63	348,91	206,31	142,60	628,07	653,65	635,21	1044,23
51	13-oct	2	1	1201,94	1385,77	684,32	83,94	212,45	170,63	348,91	206,31	142,60	628,07	653,65	635,21	1044,23
52	14-oct	4	0	264,14	166,82	135,73	103,79	45,21	57,87	61,51	40,16	54,05	13,72	160,39	231,47	337,72
53	20-oct	4	0	264,14	166,82	135,73	103,79	45,21	57,87	61,51	40,16	54,05	13,72	160,39	231,47	337,72
54	03-nov	2	1	1465,60	1552,48	812,30	121,62	271,07	186,82	422,91	232,37	175,36	814,04	679,47	722,77	1318,74

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

## Anexo C. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
55	07-nov	4	0	246,01	150,08	118,41	97,18	39,48	46,85	57,27	36,64	46,99	11,82	141,65	211,32	297,26
56	13-nov	2	1	1465,60	1552,48	812,30	121,62	271,07	186,82	422,91	232,37	175,36	814,04	679,47	722,77	1318,74
57	13-nov	4	0	246,01	150,08	118,41	97,18	39,48	46,85	57,27	36,64	46,99	11,82	141,65	211,32	297,26
58	15-nov	4	0	246,01	150,08	118,41	97,18	39,48	46,85	57,27	36,64	46,99	11,82	141,65	211,32	297,26
59	26-nov	4	0	246,01	150,08	118,41	97,18	39,48	46,85	57,27	36,64	46,99	11,82	141,65	211,32	297,26
60	04-dic	2	1	1187,27	1332,70	720,98	89,94	220,69	184,69	323,17	216,09	139,53	638,93	537,80	502,27	913,20
61	04-dic	4	0	295,40	182,01	144,79	117,31	45,59	56,72	70,29	40,92	56,94	14,33	165,28	234,27	318,45
62	10-dic	2	1	1187,27	1332,70	720,98	89,94	220,69	184,69	323,17	216,09	139,53	638,93	537,80	502,27	913,20
63	11-dic	4	0	295,40	182,01	144,79	117,31	45,59	56,72	70,29	40,92	56,94	14,33	165,28	234,27	318,45
64	21-dic	2	1	1187,27	1332,70	720,98	89,94	220,69	184,69	323,17	216,09	139,53	638,93	537,80	502,27	913,20
65	27-dic	2	1	1187,27	1332,70	720,98	89,94	220,69	184,69	323,17	216,09	139,53	638,93	537,80	502,27	913,20
66	27-dic	2	1	1187,27	1332,70	720,98	89,94	220,69	184,69	323,17	216,09	139,53	638,93	537,80	502,27	913,20
67	28-dic	4	0	295,40	182,01	144,79	117,31	45,59	56,72	70,29	40,92	56,94	14,33	165,28	234,27	318,45

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

Anexo D. RPM iniciales sin ser optimizadas del RR07.

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	02-ene	2	1	700	800	700	800	700	700	600	700	500	500	600	600	500
2	03-ene	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
3	05-ene	2	1	700	800	700	800	700	700	600	700	500	500	600	600	500
4	05-ene	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
5	22-ene	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
6	24-ene	2	1	700	800	700	800	700	700	600	700	500	500	600	600	500
7	24-ene	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
8	31-ene	2	1	700	800	700	800	700	700	600	700	500	500	600	600	500
9	31-ene	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
10	09-feb	2	1	600	700	700	700	600	700	600	600	500	500	600	600	500
11	10-feb	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
12	04-mar	2	1	500	700	700	700	600	700	600	700	500	600	700	700	600
13	06-mar	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
14	12-mar	2	1	500	700	700	700	600	700	600	700	500	600	700	700	600
15	12-mar	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
16	25-mar	2	1	500	700	700	700	600	700	600	700	500	600	700	700	600
17	27-mar	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
18	08-abr	2	1	600	800	700	800	600	700	800	800	600	600	800	700	600

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo D. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	10-abr	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
20	16-abr	2	1	600	800	700	800	600	700	800	800	600	600	800	700	600
21	22-abr	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
22	23-abr	2	1	600	800	700	800	600	700	800	800	600	600	800	700	600
23	24-abr	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
24	07-may	2	1	600	800	800	800	700	700	700	800	600	800	700	700	600
25	08-may	2	1	600	800	800	800	700	700	700	800	600	800	700	700	600
26	08-may	1	1	600	800	700	800	600	700	700	800	600	800	700	600	600
27	08-may	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
28	08-may	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
29	08-may	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
30	21-may	2	1	600	800	800	800	700	700	700	800	600	800	700	700	600
31	24-may	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
32	13-jun	2	1	600	800	700	800	600	700	700	700	600	700	700	600	500
33	14-jun	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
34	16-jun	2	1	600	800	700	800	600	700	700	700	600	700	700	600	500
35	16-jun	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
36	29-jun	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.



Anexo D. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
37	09-jul	2	1	600	800	700	800	600	700	600	600	500	600	600	500	500
38	10-jul	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
39	26-jul	2	1	600	800	700	800	600	700	600	600	500	600	600	500	500
40	26-jul	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
41	12-ago	2	1	500	700	700	700	600	600	600	600	500	500	600	500	500
42	14-ago	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
43	01-sep	2	1	500	700	700	700	600	600	700	600	500	500	500	500	500
44	01-sep	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
45	18-sep	2	1	500	700	700	700	600	600	700	600	500	500	500	500	500
46	19-sep	2	1	500	700	700	700	600	600	700	600	500	500	500	500	500
47	19-sep	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
48	22-sep	2	1	500	700	700	700	600	600	700	600	500	500	500	500	500
49	24-sep	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
50	06-oct	2	1	500	700	600	700	500	600	800	500	500	700	600	500	500
51	08-oct	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
52	08-oct	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
53	13-oct	2	1	500	700	600	700	500	600	800	500	500	700	600	500	500
54	22-oct	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo D. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
55	05-nov	1	1	600	700	700	800	600	700	800	700	500	700	700	600	600
56	05-nov	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
57	14-nov	2	1	600	800	700	800	600	700	800	700	600	700	700	600	600
58	15-nov	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
59	17-nov	2	1	600	800	700	800	600	700	800	700	600	700	700	600	600
60	17-nov	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
61	22-nov	2	1	600	800	700	800	600	700	800	700	600	700	700	600	600
62	22-nov	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
63	09-dic	2	1	500	700	600	600	500	600	700	600	500	600	500	400	500
64	09-dic	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
65	11-dic	2	1	500	700	600	600	500	600	700	600	500	600	500	400	500
66	11-dic	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
67	17-dic	2	1	500	700	600	600	500	600	700	600	500	600	500	400	500
68	22-dic	4	0	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

Anexo E. Tiempos de viajes iniciales del RR07.

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	02-ene	2	1	18,87	15,57	13,12	1,09	2,52	2,79	3,83	3,20	2,59	8,64	7,87	7,89	16,76
2	03-ene	4	0	5,86	3,25	2,83	2,73	0,90	1,01	1,77	0,78	0,99	0,25	2,98	4,29	5,27
3	05-ene	2	1	18,87	15,57	13,12	1,09	2,52	2,79	3,83	3,20	2,59	8,64	7,87	7,89	16,76
4	05-ene	4	0	5,86	3,25	2,83	2,73	0,90	1,01	1,77	0,78	0,99	0,25	2,98	4,29	5,27
5	22-ene	4	0	5,86	3,25	2,83	2,73	0,90	1,01	1,77	0,78	0,99	0,25	2,98	4,29	5,27
6	24-ene	2	1	18,87	15,57	13,12	1,09	2,52	2,79	3,83	3,20	2,59	8,64	7,87	7,89	16,76
7	24-ene	4	0	5,86	3,25	2,83	2,73	0,90	1,01	1,77	0,78	0,99	0,25	2,98	4,29	5,27
8	31-ene	2	1	18,87	15,57	13,12	1,09	2,52	2,79	3,83	3,20	2,59	8,64	7,87	7,89	16,76
9	31-ene	4	0	5,86	3,25	2,83	2,73	0,90	1,01	1,77	0,78	0,99	0,25	2,98	4,29	5,27
10	09-feb	2	1	14,64	14,83	9,67	0,99	2,79	2,34	4,46	4,09	2,39	7,37	7,74	8,34	18,01
11	10-feb	4	0	5,72	3,18	2,85	2,89	0,93	1,08	1,66	0,82	1,10	0,28	3,25	4,92	6,67
12	04-mar	2	1	17,54	15,69	8,64	0,87	2,60	2,29	5,77	2,87	2,60	6,84	6,70	7,67	17,50
13	06-mar	4	0	4,95	2,84	2,60	2,53	0,90	1,05	1,53	0,83	1,13	0,29	3,38	4,84	7,30
14	12-mar	2	1	17,54	15,69	8,64	0,87	2,60	2,29	5,77	2,87	2,60	6,84	6,70	7,67	17,50
15	12-mar	4	0	4,95	2,84	2,60	2,53	0,90	1,05	1,53	0,83	1,13	0,29	3,38	4,84	7,30
16	25-mar	2	1	17,54	15,69	8,64	0,87	2,60	2,29	5,77	2,87	2,60	6,84	6,70	7,67	17,50
17	27-mar	4	0	4,95	2,84	2,60	2,53	0,90	1,05	1,53	0,83	1,13	0,29	3,38	4,84	7,30
18	08-abr	2	1	15,06	13,46	11,91	0,88	3,62	2,90	4,09	3,38	2,28	7,33	6,90	7,98	18,62

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo E. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	10-abr	4	0	4,87	2,80	2,26	2,47	0,80	0,88	1,31	0,77	1,01	0,26	3,05	4,48	6,58
20	16-abr	2	1	15,06	13,46	11,91	0,88	3,62	2,90	4,09	3,38	2,28	7,33	6,90	7,98	18,62
21	22-abr	4	0	4,87	2,80	2,26	2,47	0,80	0,88	1,31	0,77	1,01	0,26	3,05	4,48	6,58
22	23-abr	2	1	15,06	13,46	11,91	0,88	3,62	2,90	4,09	3,38	2,28	7,33	6,90	7,98	18,62
23	24-abr	4	0	4,87	2,80	2,26	2,47	0,80	0,88	1,31	0,77	1,01	0,26	3,05	4,48	6,58
24	07-may	2	1	17,82	15,01	8,89	1,01	2,57	3,01	5,69	3,00	2,19	7,18	9,25	7,34	15,01
25	08-may	2	1	17,82	15,01	8,89	1,01	2,57	3,01	5,69	3,00	2,19	7,18	9,25	7,34	15,01
26	08-may	1	1	12,92	15,01	14,02	1,01	4,02	3,01	5,69	3,00	2,19	7,18	9,25	11,37	15,01
27	08-may	4	0	5,19	2,88	2,35	1,91	0,81	0,91	1,35	0,76	0,98	0,25	2,94	4,33	6,16
28	08-may	4	0	5,19	2,88	2,35	1,91	0,81	0,91	1,35	0,76	0,98	0,25	2,94	4,33	6,16
29	08-may	4	0	5,19	2,88	2,35	1,91	0,81	0,91	1,35	0,76	0,98	0,25	2,94	4,33	6,16
30	21-may	2	1	17,82	15,01	8,89	1,01	2,57	3,01	5,69	3,00	2,19	7,18	9,25	7,34	15,01
31	24-may	4	0	5,19	2,88	2,35	1,91	0,81	0,91	1,35	0,76	0,98	0,25	2,94	4,33	6,16
32	13-jun	2	1	17,58	14,64	13,41	0,97	3,64	2,65	4,01	3,31	1,92	9,03	7,34	9,28	17,18
33	14-jun	4	0	5,81	3,06	2,51	2,04	0,86	1,00	1,50	0,79	1,01	0,25	2,97	4,36	6,19
34	16-jun	2	1	17,58	14,64	13,41	0,97	3,64	2,65	4,01	3,31	1,92	9,03	7,34	9,28	17,18
35	16-jun	4	0	5,81	3,06	2,51	2,04	0,86	1,00	1,50	0,79	1,01	0,25	2,97	4,36	6,19
36	29-jun	4	0	5,81	3,06	2,51	2,04	0,86	1,00	1,50	0,79	1,01	0,25	2,97	4,36	6,19

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo E. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
37	09-jul	2	1	16,32	13,98	11,41	0,83	3,02	2,34	5,15	3,94	2,46	7,65	7,75	10,66	12,90
38	10-jul	4	0	6,54	3,42	2,84	2,43	0,92	1,09	1,58	0,82	1,07	0,26	3,09	4,42	6,37
39	26-jul	2	1	16,32	13,98	11,41	0,83	3,02	2,34	5,15	3,94	2,46	7,65	7,75	10,66	12,90
40	26-jul	4	0	6,54	3,42	2,84	2,43	0,92	1,09	1,58	0,82	1,07	0,26	3,09	4,42	6,37
41	12-ago	2	1	19,04	15,67	9,34	1,08	2,57	3,15	4,32	3,09	2,03	6,92	6,93	10,37	13,76
42	14-ago	4	0	6,34	3,45	2,97	2,97	1,00	1,18	1,68	0,86	1,14	0,28	3,29	4,84	7,06
43	01-sep	2	1	19,22	14,67	9,10	1,03	2,53	3,10	4,69	2,91	2,03	7,79	9,81	10,04	15,58
44	01-sep	4	0	6,02	3,49	3,07	2,83	0,99	1,21	1,42	0,86	1,15	0,28	3,32	4,94	7,04
45	18-sep	2	1	19,22	14,67	9,10	1,03	2,53	3,10	4,69	2,91	2,03	7,79	9,81	10,04	15,58
46	19-sep	2	1	19,22	14,67	9,10	1,03	2,53	3,10	4,69	2,91	2,03	7,79	9,81	10,04	15,58
47	19-sep	4	0	6,02	3,49	3,07	2,83	0,99	1,21	1,42	0,86	1,15	0,28	3,32	4,94	7,04
48	22-sep	2	1	19,22	14,67	9,10	1,03	2,53	3,10	4,69	2,91	2,03	7,79	9,81	10,04	15,58
49	24-sep	4	0	6,02	3,49	3,07	2,83	0,99	1,21	1,42	0,86	1,15	0,28	3,32	4,94	7,04
50	06-oct	2	1	16,38	14,42	12,22	0,87	3,48	3,04	4,11	3,97	1,97	6,53	6,95	8,59	17,12
51	08-oct	4	0	5,82	3,70	2,97	2,23	1,01	1,27	1,31	0,87	1,19	0,29	3,47	4,97	7,52
52	08-oct	4	0	5,82	3,70	2,97	2,23	1,01	1,27	1,31	0,87	1,19	0,29	3,47	4,97	7,52
53	13-oct	2	1	16,38	14,42	12,22	0,87	3,48	3,04	4,11	3,97	1,97	6,53	6,95	8,59	17,12
54	22-oct	4	0	5,82	3,70	2,97	2,23	1,01	1,27	1,31	0,87	1,19	0,29	3,47	4,97	7,52

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo E. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
55	05-nov	1	1	11,25	20,83	12,47	1,01	3,52	2,71	5,52	3,32	2,93	8,39	7,07	7,69	13,75
56	05-nov	4	0	5,36	3,28	2,55	2,07	0,87	1,00	1,21	0,78	1,02	0,25	3,02	4,49	6,50
57	14-nov	2	1	15,52	13,32	12,47	1,01	3,52	2,71	5,52	3,32	1,89	8,39	7,07	7,69	13,75
58	15-nov	4	0	5,36	3,28	2,55	2,07	0,87	1,00	1,21	0,78	1,02	0,25	3,02	4,49	6,50
59	17-nov	2	1	15,52	13,32	12,47	1,01	3,52	2,71	5,52	3,32	1,89	8,39	7,07	7,69	13,75
60	17-nov	4	0	5,36	3,28	2,55	2,07	0,87	1,00	1,21	0,78	1,02	0,25	3,02	4,49	6,50
61	22-nov	2	1	15,52	13,32	12,47	1,01	3,52	2,71	5,52	3,32	1,89	8,39	7,07	7,69	13,75
62	22-nov	4	0	5,36	3,28	2,55	2,07	0,87	1,00	1,21	0,78	1,02	0,25	3,02	4,49	6,50
63	09-dic	2	1	19,32	13,88	10,94	1,17	2,98	2,83	3,89	2,75	1,93	6,64	8,75	10,63	12,63
64	09-dic	4	0	6,62	4,10	3,20	2,56	1,02	1,24	1,52	0,89	1,26	0,31	3,59	5,04	7,03
65	11-dic	2	1	19,32	13,88	10,94	1,17	2,98	2,83	3,89	2,75	1,93	6,64	8,75	10,63	12,63
66	11-dic	4	0	6,62	4,10	3,20	2,56	1,02	1,24	1,52	0,89	1,26	0,31	3,59	5,04	7,03
67	17-dic	2	1	19,32	13,88	10,94	1,17	2,98	2,83	3,89	2,75	1,93	6,64	8,75	10,63	12,63
68	22-dic	4	0	6,62	4,10	3,20	2,56	1,02	1,24	1,52	0,89	1,26	0,31	3,59	5,04	7,03

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo F. Consumo de combustible inicial del RR07.

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	02-ene	2	1	1530,24	1443,19	1063,73	100,61	204,77	225,94	266,23	259,60	150,15	500,83	547,28	548,38	970,80
2	03-ene	4	0	203,68	112,88	98,29	95,03	31,29	35,27	61,59	27,02	34,31	8,53	103,70	148,98	183,35
3	05-ene	2	1	1530,24	1443,19	1063,73	100,61	204,77	225,94	266,23	259,60	150,15	500,83	547,28	548,38	970,80
4	05-ene	4	0	203,68	112,88	98,29	95,03	31,29	35,27	61,59	27,02	34,31	8,53	103,70	148,98	183,35
5	22-ene	4	0	203,68	112,88	98,29	95,03	31,29	35,27	61,59	27,02	34,31	8,53	103,70	148,98	183,35
6	24-ene	2	1	1530,24	1443,19	1063,73	100,61	204,77	225,94	266,23	259,60	150,15	500,83	547,28	548,38	970,80
7	24-ene	4	0	203,68	112,88	98,29	95,03	31,29	35,27	61,59	27,02	34,31	8,53	103,70	148,98	183,35
8	31-ene	2	1	1530,24	1443,19	1063,73	100,61	204,77	225,94	266,23	259,60	150,15	500,83	547,28	548,38	970,80
9	31-ene	4	0	203,68	112,88	98,29	95,03	31,29	35,27	61,59	27,02	34,31	8,53	103,70	148,98	183,35
10	09-feb	2	1	1017,62	1202,87	784,37	80,37	194,29	189,42	310,20	284,53	138,23	427,12	538,00	580,13	1043,09
11	10-feb	4	0	198,86	110,39	98,90	100,52	32,26	37,63	57,80	28,55	38,18	9,84	112,84	171,17	231,71
12	04-mar	2	1	1016,39	1272,71	700,49	70,69	180,66	185,76	401,15	232,52	150,40	475,45	543,59	622,42	1216,31
13	06-mar	4	0	172,10	98,55	90,31	87,91	31,27	36,63	53,30	28,75	39,34	10,24	117,57	168,10	253,59
14	12-mar	2	1	1016,39	1272,71	700,49	70,69	180,66	185,76	401,15	232,52	150,40	475,45	543,59	622,42	1216,31
15	12-mar	4	0	172,10	98,55	90,31	87,91	31,27	36,63	53,30	28,75	39,34	10,24	117,57	168,10	253,59
16	25-mar	2	1	1016,39	1272,71	700,49	70,69	180,66	185,76	401,15	232,52	150,40	475,45	543,59	622,42	1216,31
17	27-mar	4	0	172,10	98,55	90,31	87,91	31,27	36,63	53,30	28,75	39,34	10,24	117,57	168,10	253,59
18	08-abr	2	1	1046,86	1247,36	965,71	81,52	251,54	235,54	378,71	313,43	158,29	509,90	639,72	647,02	1294,36

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo F. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	10-abr	4	0	169,21	97,19	78,54	85,77	27,93	30,71	45,49	26,71	35,04	9,01	106,15	155,71	228,80
20	16-abr	2	1	1046,86	1247,36	965,71	81,52	251,54	235,54	378,71	313,43	158,29	509,90	639,72	647,02	1294,36
21	22-abr	4	0	169,21	97,19	78,54	85,77	27,93	30,71	45,49	26,71	35,04	9,01	106,15	155,71	228,80
22	23-abr	2	1	1046,86	1247,36	965,71	81,52	251,54	235,54	378,71	313,43	158,29	509,90	639,72	647,02	1294,36
23	24-abr	4	0	169,21	97,19	78,54	85,77	27,93	30,71	45,49	26,71	35,04	9,01	106,15	155,71	228,80
24	07-may	2	1	1238,76	1391,10	824,18	93,67	208,06	244,33	461,82	277,97	152,30	665,97	750,24	595,25	1043,70
25	08-may	2	1	1238,76	1391,10	824,18	93,67	208,06	244,33	461,82	277,97	152,30	665,97	750,24	595,25	1043,70
26	08-may	1	1	898,08	1391,10	1137,17	93,67	279,30	244,33	461,82	277,97	152,30	665,97	750,24	790,40	1043,70
27	08-may	4	0	180,55	100,24	81,60	66,49	28,32	31,77	46,87	26,46	34,10	8,68	102,20	150,53	214,29
28	08-may	4	0	180,55	100,24	81,60	66,49	28,32	31,77	46,87	26,46	34,10	8,68	102,20	150,53	214,29
29	08-may	4	0	180,55	100,24	81,60	66,49	28,32	31,77	46,87	26,46	34,10	8,68	102,20	150,53	214,29
30	21-may	2	1	1238,76	1391,10	824,18	93,67	208,06	244,33	461,82	277,97	152,30	665,97	750,24	595,25	1043,70
31	24-may	4	0	180,55	100,24	81,60	66,49	28,32	31,77	46,87	26,46	34,10	8,68	102,20	150,53	214,29
32	13-jun	2	1	1222,49	1357,18	1087,82	90,00	253,31	215,15	325,29	268,37	133,25	732,67	595,34	645,04	995,44
33	14-jun	4	0	201,93	106,32	87,37	70,78	29,91	34,91	52,04	27,40	34,97	8,77	103,18	151,62	215,28
34	16-jun	2	1	1222,49	1357,18	1087,82	90,00	253,31	215,15	325,29	268,37	133,25	732,67	595,34	645,04	995,44
35	16-jun	4	0	201,93	106,32	87,37	70,78	29,91	34,91	52,04	27,40	34,97	8,77	103,18	151,62	215,28
36	29-jun	4	0	201,93	106,32	87,37	70,78	29,91	34,91	52,04	27,40	34,97	8,77	103,18	151,62	215,28

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.



Anexo F. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
37	09-jul	2	1	1134,75	1295,75	925,40	76,90	209,83	190,17	357,77	273,60	142,58	531,56	538,76	617,41	747,55
38	10-jul	4	0	227,43	118,81	98,85	84,61	31,88	38,03	55,07	28,51	37,10	9,17	107,35	153,79	221,31
39	26-jul	2	1	1134,75	1295,75	925,40	76,90	209,83	190,17	357,77	273,60	142,58	531,56	538,76	617,41	747,55
40	26-jul	4	0	227,43	118,81	98,85	84,61	31,88	38,03	55,07	28,51	37,10	9,17	107,35	153,79	221,31
41	12-ago	2	1	1103,09	1270,87	757,56	87,36	178,87	219,24	300,52	214,71	117,59	400,96	481,51	600,49	797,18
42	14-ago	4	0	220,47	119,89	103,36	103,16	34,62	41,17	58,50	29,87	39,52	9,62	114,20	168,18	245,57
43	01-sep	2	1	1113,64	1189,81	738,16	83,59	175,60	215,42	380,31	202,50	117,89	451,07	568,36	581,57	902,32
44	01-sep	4	0	209,23	121,20	106,84	98,47	34,58	42,14	49,38	30,01	39,84	9,74	115,26	171,79	244,71
45	18-sep	2	1	1113,64	1189,81	738,16	83,59	175,60	215,42	380,31	202,50	117,89	451,07	568,36	581,57	902,32
46	19-sep	2	1	1113,64	1189,81	738,16	83,59	175,60	215,42	380,31	202,50	117,89	451,07	568,36	581,57	902,32
47	19-sep	4	0	209,23	121,20	106,84	98,47	34,58	42,14	49,38	30,01	39,84	9,74	115,26	171,79	244,71
48	22-sep	2	1	1113,64	1189,81	738,16	83,59	175,60	215,42	380,31	202,50	117,89	451,07	568,36	581,57	902,32
49	24-sep	4	0	209,23	121,20	106,84	98,47	34,58	42,14	49,38	30,01	39,84	9,74	115,26	171,79	244,71
50	06-oct	2	1	948,73	1169,18	849,69	70,79	201,68	211,36	380,66	229,77	114,03	529,78	483,34	497,44	992,08
51	08-oct	4	0	202,16	128,77	103,19	77,47	35,16	44,21	45,41	30,17	41,38	10,24	120,49	172,82	261,34
52	08-oct	4	0	202,16	128,77	103,19	77,47	35,16	44,21	45,41	30,17	41,38	10,24	120,49	172,82	261,34
53	13-oct	2	1	948,73	1169,18	849,69	70,79	201,68	211,36	380,66	229,77	114,03	529,78	483,34	497,44	992,08
54	22-oct	4	0	202,16	128,77	103,19	77,47	35,16	44,21	45,41	30,17	41,38	10,24	120,49	172,82	261,34

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

Anexo F. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
55	05-nov	1	1	782,42	1689,68	1011,46	93,52	244,71	219,41	511,87	269,56	169,55	680,78	573,80	534,46	956,08
56	05-nov	4	0	186,46	114,11	88,51	72,02	30,10	34,86	41,99	27,24	35,32	8,68	104,93	156,22	225,84
57	14-nov	2	1	1079,22	1235,06	1011,46	93,52	244,71	219,41	511,87	269,56	131,47	680,78	573,80	534,46	956,08
58	15-nov	4	0	186,46	114,11	88,51	72,02	30,10	34,86	41,99	27,24	35,32	8,68	104,93	156,22	225,84
59	17-nov	2	1	1079,22	1235,06	1011,46	93,52	244,71	219,41	511,87	269,56	131,47	680,78	573,80	534,46	956,08
60	17-nov	4	0	186,46	114,11	88,51	72,02	30,10	34,86	41,99	27,24	35,32	8,68	104,93	156,22	225,84
61	22-nov	2	1	1079,22	1235,06	1011,46	93,52	244,71	219,41	511,87	269,56	131,47	680,78	573,80	534,46	956,08
62	22-nov	4	0	186,46	114,11	88,51	72,02	30,10	34,86	41,99	27,24	35,32	8,68	104,93	156,22	225,84
63	09-dic	2	1	1119,00	1125,65	760,73	81,63	172,45	196,88	315,37	191,13	111,92	461,80	506,63	492,55	731,74
64	09-dic	4	0	229,95	142,45	111,08	88,88	35,50	43,21	52,66	30,82	43,92	10,75	124,63	175,16	244,28
65	11-dic	2	1	1119,00	1125,65	760,73	81,63	172,45	196,88	315,37	191,13	111,92	461,80	506,63	492,55	731,74
66	11-dic	4	0	229,95	142,45	111,08	88,88	35,50	43,21	52,66	30,82	43,92	10,75	124,63	175,16	244,28
67	17-dic	2	1	1119,00	1125,65	760,73	81,63	172,45	196,88	315,37	191,13	111,92	461,80	506,63	492,55	731,74
68	22-dic	4	0	229,95	142,45	111,08	88,88	35,50	43,21	52,66	30,82	43,92	10,75	124,63	175,16	244,28

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo G. RPM iniciales sin ser optimizadas del RR13.

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	02-ene	2	1	900	1100	1200	1100	800	1100	800	1000	700	700	800	700	700
2	03-ene	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
3	13-ene	2	1	900	1100	1200	1100	800	1100	800	1000	700	700	800	700	700
4	15-ene	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
5	28-ene	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
6	04-feb	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
7	13-feb	2	1	700	900	1100	900	700	1000	900	1000	700	700	800	800	700
8	15-feb	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
9	16-feb	2	1	700	900	1100	900	700	1000	900	1000	700	700	800	800	700
10	16-feb	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
11	02-mar	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
12	07-mar	2	1	600	900	1000	900	700	1000	1000	1000	700	800	800	800	800
13	07-mar	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
14	17-mar	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
15	25-mar	2	1	600	900	1000	900	700	1000	1000	1000	700	800	800	800	800
16	26-mar	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
17	30-mar	2	1	600	900	1000	900	700	1000	1000	1000	700	800	800	800	800
18	30-mar	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

Anexo G. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	09-abr	2	1	700	1000	1100	1000	800	1100	1200	1200	800	800	1000	900	800
20	09-abr	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
21	14-abr	2	1	700	1000	1100	1000	800	1100	1200	1200	800	800	1000	900	800
22	14-abr	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
23	03-may	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
24	04-may	2	1	800	1000	1200	1000	800	1100	1100	1200	800	1000	900	800	800
25	06-may	2	1	800	1000	1200	1000	800	1100	1100	1200	800	1000	900	800	800
26	07-may	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
27	15-may	2	1	800	1000	1200	1000	800	1100	1100	1200	800	1000	900	800	800
28	16-may	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
29	19-may	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
30	29-may	2	1	800	1000	1200	1000	800	1100	1100	1200	800	1000	900	800	800
31	01-jun	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
32	03-jun	2	1	800	1000	1200	1000	800	1100	1000	1100	700	1000	900	800	700
33	06-jun	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
34	12-jun	2	1	800	1000	1200	1000	800	1100	1000	1100	700	1000	900	800	700
35	13-jun	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
36	26-jun	2	1	800	1000	1200	1000	800	1100	1000	1100	700	1000	900	800	700

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

Anexo G. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
37	26-jun	2	1	800	1000	1200	1000	800	1100	1000	1100	700	1000	900	800	700
38	27-jun	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
39	27-jun	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
40	03-jul	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
41	10-jul	2	1	700	1000	1100	1000	800	1000	900	1000	700	800	800	700	600
42	11-jul	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
43	18-jul	2	1	700	1000	1100	1000	800	1000	900	1000	700	800	800	700	600
44	19-jul	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
45	24-jul	2	1	700	1000	1100	1000	800	1000	900	1000	700	800	800	700	600
46	27-jul	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
47	11-ago	2	1	700	900	1000	900	700	1000	900	900	600	600	700	700	600
48	11-ago	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
49	24-ago	2	1	700	900	1000	900	700	1000	900	900	600	600	700	700	600
50	24-ago	2	1	700	900	1000	900	700	1000	900	900	600	600	700	700	600
51	24-ago	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
52	25-ago	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
53	07-sep	2	1	700	900	1000	900	700	1000	1100	800	600	700	700	700	700
54	11-sep	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo G. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
55	11-sep	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
56	27-sep	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
57	29-sep	2	1	700	900	1000	900	700	1000	1100	800	600	700	700	700	700
58	01-oct	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
59	16-oct	2	1	600	900	1000	900	700	1000	1200	800	600	900	700	600	700
60	18-oct	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
61	28-oct	1	1	600	900	1000	900	700	900	1200	800	600	900	700	600	700
62	29-oct	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
63	07-nov	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
64	18-nov	2	1	700	1000	1100	1000	800	1100	1200	1100	700	900	900	700	700
65	19-nov	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
66	23-nov	2	1	700	1000	1100	1000	800	1100	1200	1100	700	900	900	700	700
67	24-nov	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
68	16-dic	2	1	700	900	900	800	600	900	1000	800	600	700	700	600	600
69	16-dic	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
70	18-dic	2	1	700	900	900	800	600	900	1000	800	600	700	700	600	600
71	20-dic	4	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

Anexo H. Tiempos de viajes iniciales del RR13.

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	02-ene	2	1	19,54	13,02	5,95	0,88	3,61	1,67	3,63	2,48	2,18	7,20	7,39	10,30	14,13
2	03-ene	4	0	5,13	2,87	2,51	2,40	0,79	0,91	1,56	0,70	0,88	0,22	2,70	3,90	4,76
3	13-ene	2	1	19,54	13,02	5,95	0,88	3,61	1,67	3,63	2,48	2,18	7,20	7,39	10,30	14,13
4	15-ene	4	0	5,13	2,87	2,51	2,40	0,79	0,91	1,56	0,70	0,88	0,22	2,70	3,90	4,76
5	28-ene	4	0	5,13	2,87	2,51	2,40	0,79	0,91	1,56	0,70	0,88	0,22	2,70	3,90	4,76
6	04-feb	4	0	5,02	2,81	2,52	2,52	0,81	0,97	1,47	0,74	0,97	0,26	2,92	4,42	5,86
7	13-feb	2	1	18,72	15,29	6,11	1,03	3,69	1,84	3,24	2,15	2,04	6,29	7,27	7,85	15,00
8	15-feb	4	0	5,02	2,81	2,52	2,52	0,81	0,97	1,47	0,74	0,97	0,26	2,92	4,42	5,86
9	16-feb	2	1	18,72	15,29	6,11	1,03	3,69	1,84	3,24	2,15	2,04	6,29	7,27	7,85	15,00
10	16-feb	4	0	5,02	2,81	2,52	2,52	0,81	0,97	1,47	0,74	0,97	0,26	2,92	4,42	5,86
11	02-mar	4	0	4,42	2,54	2,32	2,24	0,79	0,94	1,37	0,74	1,00	0,26	3,03	4,35	6,34
12	07-mar	2	1	20,96	16,21	6,93	0,90	3,35	1,82	3,04	2,28	2,19	6,43	9,61	11,17	16,22
13	07-mar	4	0	4,42	2,54	2,32	2,24	0,79	0,94	1,37	0,74	1,00	0,26	3,03	4,35	6,34
14	17-mar	4	0	4,42	2,54	2,32	2,24	0,79	0,94	1,37	0,74	1,00	0,26	3,03	4,35	6,34
15	25-mar	2	1	20,96	16,21	6,93	0,90	3,35	1,82	3,04	2,28	2,19	6,43	9,61	11,17	16,22
16	26-mar	4	0	4,42	2,54	2,32	2,24	0,79	0,94	1,37	0,74	1,00	0,26	3,03	4,35	6,34
17	30-mar	2	1	20,96	16,21	6,93	0,90	3,35	1,82	3,04	2,28	2,19	6,43	9,61	11,17	16,22
18	30-mar	4	0	4,42	2,54	2,32	2,24	0,79	0,94	1,37	0,74	1,00	0,26	3,03	4,35	6,34

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo H. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	09-abr	2	1	19,41	15,14	6,93	1,00	3,35	1,71	2,79	2,19	2,14	6,86	7,78	8,21	17,18
20	09-abr	4	0	4,35	2,51	2,05	2,19	0,71	0,81	1,19	0,69	0,90	0,24	2,76	4,06	5,80
21	14-abr	2	1	19,41	15,14	6,93	1,00	3,35	1,71	2,79	2,19	2,14	6,86	7,78	8,21	17,18
22	14-abr	4	0	4,35	2,51	2,05	2,19	0,71	0,81	1,19	0,69	0,90	0,24	2,76	4,06	5,80
23	03-may	4	0	4,61	2,58	2,12	1,74	0,72	0,83	1,22	0,69	0,88	0,23	2,67	3,94	5,47
24	04-may	2	1	16,70	17,13	6,13	1,18	3,69	1,75	3,23	2,03	2,06	8,28	9,61	10,47	14,07
25	06-may	2	1	16,70	17,13	6,13	1,18	3,69	1,75	3,23	2,03	2,06	8,28	9,61	10,47	14,07
26	07-may	4	0	4,61	2,58	2,12	1,74	0,72	0,83	1,22	0,69	0,88	0,23	2,67	3,94	5,47
27	15-may	2	1	16,70	17,13	6,13	1,18	3,69	1,75	3,23	2,03	2,06	8,28	9,61	10,47	14,07
28	16-may	4	0	4,61	2,58	2,12	1,74	0,72	0,83	1,22	0,69	0,88	0,23	2,67	3,94	5,47
29	19-may	4	0	4,61	2,58	2,12	1,74	0,72	0,83	1,22	0,69	0,88	0,23	2,67	3,94	5,47
30	29-may	2	1	16,70	17,13	6,13	1,18	3,69	1,75	3,23	2,03	2,06	8,28	9,61	10,47	14,07
31	01-jun	4	0	5,09	2,72	2,26	1,84	0,76	0,90	1,34	0,71	0,90	0,23	2,69	3,97	5,49
32	03-jun	2	1	16,49	16,66	6,01	1,12	3,37	1,62	3,19	2,03	2,46	6,56	7,56	8,67	14,43
33	06-jun	4	0	5,09	2,72	2,26	1,84	0,76	0,90	1,34	0,71	0,90	0,23	2,69	3,97	5,49
34	12-jun	2	1	16,49	16,66	6,01	1,12	3,37	1,62	3,19	2,03	2,46	6,56	7,56	8,67	14,43
35	13-jun	4	0	5,09	2,72	2,26	1,84	0,76	0,90	1,34	0,71	0,90	0,23	2,69	3,97	5,49
36	26-jun	2	1	16,49	16,66	6,01	1,12	3,37	1,62	3,19	2,03	2,46	6,56	7,56	8,67	14,43

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.



Anexo H. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
37	26-jun	2	1	16,49	16,66	6,01	1,12	3,37	1,62	3,19	2,03	2,46	6,56	7,56	8,67	14,43
38	27-jun	4	0	5,09	2,72	2,26	1,84	0,76	0,90	1,34	0,71	0,90	0,23	2,69	3,97	5,49
39	27-jun	4	0	5,09	2,72	2,26	1,84	0,76	0,90	1,34	0,71	0,90	0,23	2,69	3,97	5,49
40	03-jul	4	0	5,64	3,00	2,52	2,17	0,80	0,98	1,41	0,74	0,95	0,24	2,79	4,02	5,63
41	10-jul	2	1	21,56	15,80	6,76	0,94	2,83	1,85	3,58	2,11	2,09	7,14	7,28	8,89	15,05
42	11-jul	4	0	5,64	3,00	2,52	2,17	0,80	0,98	1,41	0,74	0,95	0,24	2,79	4,02	5,63
43	18-jul	2	1	21,56	15,80	6,76	0,94	2,83	1,85	3,58	2,11	2,09	7,14	7,28	8,89	15,05
44	19-jul	4	0	5,64	3,00	2,52	2,17	0,80	0,98	1,41	0,74	0,95	0,24	2,79	4,02	5,63
45	24-jul	2	1	21,56	15,80	6,76	0,94	2,83	1,85	3,58	2,11	2,09	7,14	7,28	8,89	15,05
46	27-jul	4	0	5,64	3,00	2,52	2,17	0,80	0,98	1,41	0,74	0,95	0,24	2,79	4,02	5,63
47	11-ago	2	1	16,16	16,18	7,37	1,12	3,31	1,68	3,16	2,25	2,38	8,24	8,96	8,69	16,22
48	11-ago	4	0	5,49	3,02	2,62	2,58	0,86	1,05	1,49	0,77	1,00	0,25	2,95	4,36	6,17
49	24-ago	2	1	16,16	16,18	7,37	1,12	3,31	1,68	3,16	2,25	2,38	8,24	8,96	8,69	16,22
50	24-ago	2	1	16,16	16,18	7,37	1,12	3,31	1,68	3,16	2,25	2,38	8,24	8,96	8,69	16,22
51	24-ago	4	0	5,49	3,02	2,62	2,58	0,86	1,05	1,49	0,77	1,00	0,25	2,95	4,36	6,17
52	25-ago	4	0	5,49	3,02	2,62	2,58	0,86	1,05	1,49	0,77	1,00	0,25	2,95	4,36	6,17
53	07-sep	2	1	16,29	15,12	7,22	1,07	3,23	1,66	2,88	2,75	2,38	6,59	8,16	8,46	13,28
54	11-sep	4	0	5,25	3,05	2,70	2,48	0,86	1,07	1,28	0,77	1,01	0,25	2,97	4,44	6,15

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

# Anexo H. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
55	11-sep	4	0	5,25	3,05	2,70	2,48	0,86	1,07	1,28	0,77	1,01	0,25	2,97	4,44	6,15
56	27-sep	4	0	5,25	3,05	2,70	2,48	0,86	1,07	1,28	0,77	1,01	0,25	2,97	4,44	6,15
57	29-sep	2	1	16,29	15,12	7,22	1,07	3,23	1,66	2,88	2,75	2,38	6,59	8,16	8,46	13,28
58	01-oct	4	0	5,09	3,22	2,62	2,00	0,87	1,12	1,19	0,77	1,04	0,26	3,09	4,46	6,51
59	16-oct	2	1	19,32	14,85	6,60	0,90	2,93	1,65	2,80	2,49	2,29	6,73	9,00	10,21	14,39
60	18-oct	4	0	5,09	3,22	2,62	2,00	0,87	1,12	1,19	0,77	1,04	0,26	3,09	4,46	6,51
61	28-oct	1	1	14,00	14,85	6,60	0,90	2,93	2,08	2,80	2,49	2,29	6,73	9,00	10,21	14,39
62	29-oct	4	0	5,09	3,22	2,62	2,00	0,87	1,12	1,19	0,77	1,04	0,26	3,09	4,46	6,51
63	07-nov	4	0	4,74	2,89	2,28	1,87	0,76	0,90	1,10	0,71	0,91	0,23	2,73	4,07	5,73
64	18-nov	2	1	20,19	14,97	7,12	1,17	3,27	1,64	3,40	2,04	2,42	8,72	7,28	9,96	18,17
65	19-nov	4	0	4,74	2,89	2,28	1,87	0,76	0,90	1,10	0,71	0,91	0,23	2,73	4,07	5,73
66	23-nov	2	1	20,19	14,97	7,12	1,17	3,27	1,64	3,40	2,04	2,42	8,72	7,28	9,96	18,17
67	24-nov	4	0	4,74	2,89	2,28	1,87	0,76	0,90	1,10	0,71	0,91	0,23	2,73	4,07	5,73
68	16-dic	2	1	16,36	14,28	7,73	1,08	3,55	1,98	3,12	2,60	2,24	8,80	7,41	8,07	14,68
69	16-dic	4	0	5,70	3,51	2,79	2,26	0,88	1,09	1,36	0,79	1,10	0,28	3,19	4,52	6,14
70	18-dic	2	1	16,36	14,28	7,73	1,08	3,55	1,98	3,12	2,60	2,24	8,80	7,41	8,07	14,68
71	20-dic	4	0	5,70	3,51	2,79	2,26	0,88	1,09	1,36	0,79	1,10	0,28	3,19	4,52	6,14

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

## Anexo I. Consumo de combustible inicial del RR13.

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	02-ene	2	1	2004,91	1633,61	813,78	110,81	329,19	209,09	331,22	283,24	174,24	574,58	674,01	821,81	1127,45
2	03-ene	4	0	292,29	163,43	142,93	136,80	44,92	52,05	88,79	39,98	50,34	12,79	154,07	222,50	271,32
3	13-ene	2	1	2004,91	1633,61	813,78	110,81	329,19	209,09	331,22	283,24	174,24	574,58	674,01	821,81	1127,45
4	15-ene	4	0	292,29	163,43	142,93	136,80	44,92	52,05	88,79	39,98	50,34	12,79	154,07	222,50	271,32
5	28-ene	4	0	292,29	163,43	142,93	136,80	44,92	52,05	88,79	39,98	50,34	12,79	154,07	222,50	271,32
6	04-feb	4	0	286,22	160,24	143,72	143,69	46,12	55,15	83,95	42,02	55,36	14,56	166,27	252,28	334,26
7	13-feb	2	1	1494,00	1569,12	766,49	105,24	294,18	210,19	332,15	245,61	162,44	502,38	663,26	716,28	1197,40
8	15-feb	4	0	286,22	160,24	143,72	143,69	46,12	55,15	83,95	42,02	55,36	14,56	166,27	252,28	334,26
9	16-feb	2	1	1494,00	1569,12	766,49	105,24	294,18	210,19	332,15	245,61	162,44	502,38	663,26	716,28	1197,40
10	16-feb	4	0	286,22	160,24	143,72	143,69	46,12	55,15	83,95	42,02	55,36	14,56	166,27	252,28	334,26
11	02-mar	4	0	251,86	144,84	132,55	127,72	44,89	53,84	78,11	42,28	56,85	15,09	172,50	248,21	361,71
12	07-mar	2	1	1434,24	1663,22	789,85	92,18	267,57	206,97	346,87	259,76	174,49	586,30	876,21	1018,92	1479,95
13	07-mar	4	0	251,86	144,84	132,55	127,72	44,89	53,84	78,11	42,28	56,85	15,09	172,50	248,21	361,71
14	17-mar	4	0	251,86	144,84	132,55	127,72	44,89	53,84	78,11	42,28	56,85	15,09	172,50	248,21	361,71
15	25-mar	2	1	1434,24	1663,22	789,85	92,18	267,57	206,97	346,87	259,76	174,49	586,30	876,21	1018,92	1479,95
16	26-mar	4	0	251,86	144,84	132,55	127,72	44,89	53,84	78,11	42,28	56,85	15,09	172,50	248,21	361,71
17	30-mar	2	1	1434,24	1663,22	789,85	92,18	267,57	206,97	346,87	259,76	174,49	586,30	876,21	1018,92	1479,95
18	30-mar	4	0	251,86	144,84	132,55	127,72	44,89	53,84	78,11	42,28	56,85	15,09	172,50	248,21	361,71

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

Anexo I. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	09-abr	2	1	1549,33	1726,37	869,69	114,20	305,79	214,32	382,32	300,18	194,78	626,05	886,79	843,00	1567,59
20	09-abr	4	0	248,08	143,04	116,87	124,96	40,63	45,91	67,72	39,58	51,30	13,44	157,36	231,61	330,56
21	14-abr	2	1	1549,33	1726,37	869,69	114,20	305,79	214,32	382,32	300,18	194,78	626,05	886,79	843,00	1567,59
22	14-abr	4	0	248,08	143,04	116,87	124,96	40,63	45,91	67,72	39,58	51,30	13,44	157,36	231,61	330,56
23	03-may	4	0	262,84	147,06	120,99	99,36	41,14	47,35	69,59	39,24	50,06	12,99	152,04	224,61	311,96
24	04-may	2	1	1522,97	1953,46	838,33	134,00	336,81	218,95	404,73	277,23	187,85	943,88	985,73	955,46	1283,17
25	06-may	2	1	1522,97	1953,46	838,33	134,00	336,81	218,95	404,73	277,23	187,85	943,88	985,73	955,46	1283,17
26	07-may	4	0	262,84	147,06	120,99	99,36	41,14	47,35	69,59	39,24	50,06	12,99	152,04	224,61	311,96
27	15-may	2	1	1522,97	1953,46	838,33	134,00	336,81	218,95	404,73	277,23	187,85	943,88	985,73	955,46	1283,17
28	16-may	4	0	262,84	147,06	120,99	99,36	41,14	47,35	69,59	39,24	50,06	12,99	152,04	224,61	311,96
29	19-may	4	0	262,84	147,06	120,99	99,36	41,14	47,35	69,59	39,24	50,06	12,99	152,04	224,61	311,96
30	29-may	2	1	1522,97	1953,46	838,33	134,00	336,81	218,95	404,73	277,23	187,85	943,88	985,73	955,46	1283,17
31	01-jun	4	0	290,09	154,99	128,67	105,17	43,17	51,57	76,47	40,49	51,21	13,11	153,37	226,09	313,24
32	03-jun	2	1	1504,22	1899,28	822,04	127,93	307,78	203,00	364,25	254,82	196,16	747,72	776,06	791,20	1151,48
33	06-jun	4	0	290,09	154,99	128,67	105,17	43,17	51,57	76,47	40,49	51,21	13,11	153,37	226,09	313,24
34	12-jun	2	1	1504,22	1899,28	822,04	127,93	307,78	203,00	364,25	254,82	196,16	747,72	776,06	791,20	1151,48
35	13-jun	4	0	290,09	154,99	128,67	105,17	43,17	51,57	76,47	40,49	51,21	13,11	153,37	226,09	313,24
36	26-jun	2	1	1504,22	1899,28	822,04	127,93	307,78	203,00	364,25	254,82	196,16	747,72	776,06	791,20	1151,48

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

## Anexo I. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
37	26-jun	2	1	1504,22	1899,28	822,04	127,93	307,78	203,00	364,25	254,82	196,16	747,72	776,06	791,20	1151,48
38	27-jun	4	0	290,09	154,99	128,67	105,17	43,17	51,57	76,47	40,49	51,21	13,11	153,37	226,09	313,24
39	27-jun	4	0	290,09	154,99	128,67	105,17	43,17	51,57	76,47	40,49	51,21	13,11	153,37	226,09	313,24
40	03-jul	4	0	321,68	170,96	143,65	123,45	45,65	55,68	80,42	41,97	53,97	13,66	158,96	229,03	320,99
41	10-jul	2	1	1721,17	1802,09	848,17	106,89	258,23	210,85	367,60	240,55	166,79	650,87	664,15	709,58	1029,38
42	11-jul	4	0	321,68	170,96	143,65	123,45	45,65	55,68	80,42	41,97	53,97	13,66	158,96	229,03	320,99
43	18-jul	2	1	1721,17	1802,09	848,17	106,89	258,23	210,85	367,60	240,55	166,79	650,87	664,15	709,58	1029,38
44	19-jul	4	0	321,68	170,96	143,65	123,45	45,65	55,68	80,42	41,97	53,97	13,66	158,96	229,03	320,99
45	24-jul	2	1	1721,17	1802,09	848,17	106,89	258,23	210,85	367,60	240,55	166,79	650,87	664,15	709,58	1029,38
46	27-jul	4	0	321,68	170,96	143,65	123,45	45,65	55,68	80,42	41,97	53,97	13,66	158,96	229,03	320,99
47	11-ago	2	1	1289,73	1660,73	840,65	114,74	264,15	191,34	324,57	231,21	162,51	563,45	715,23	693,29	1109,96
48	11-ago	4	0	313,16	172,32	149,43	146,97	49,04	59,74	84,85	43,74	57,07	14,26	168,06	248,31	351,71
49	24-ago	2	1	1289,73	1660,73	840,65	114,74	264,15	191,34	324,57	231,21	162,51	563,45	715,23	693,29	1109,96
50	24-ago	2	1	1289,73	1660,73	840,65	114,74	264,15	191,34	324,57	231,21	162,51	563,45	715,23	693,29	1109,96
51	24-ago	4	0	313,16	172,32	149,43	146,97	49,04	59,74	84,85	43,74	57,07	14,26	168,06	248,31	351,71
52	25-ago	4	0	313,16	172,32	149,43	146,97	49,04	59,74	84,85	43,74	57,07	14,26	168,06	248,31	351,71
53	07-sep	2	1	1300,18	1551,56	823,57	109,60	257,98	189,55	360,89	250,94	163,01	526,24	651,28	674,89	1059,66
54	11-sep	4	0	299,24	173,97	153,84	141,13	48,99	60,99	72,94	43,93	57,48	14,42	169,47	253,11	350,63

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

Anexo I. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
55	11-sep	4	0	299,24	173,97	153,84	141,13	48,99	60,99	72,94	43,93	57,48	14,42	169,47	253,11	350,63
56	27-sep	4	0	299,24	173,97	153,84	141,13	48,99	60,99	72,94	43,93	57,48	14,42	169,47	253,11	350,63
57	29-sep	2	1	1300,18	1551,56	823,57	109,60	257,98	189,55	360,89	250,94	163,01	526,24	651,28	674,89	1059,66
58	01-oct	4	0	290,39	183,40	149,21	114,10	49,70	63,62	67,62	44,15	59,42	15,08	176,33	254,47	371,28
59	16-oct	2	1	1321,62	1523,86	752,45	92,30	233,60	187,62	383,66	226,85	156,80	690,65	718,76	698,47	1148,22
60	18-oct	4	0	290,39	183,40	149,21	114,10	49,70	63,62	67,62	44,15	59,42	15,08	176,33	254,47	371,28
61	28-oct	1	1	958,16	1523,86	752,45	92,30	233,60	213,29	383,66	226,85	156,80	690,65	718,76	698,47	1148,22
62	29-oct	4	0	290,39	183,40	149,21	114,10	49,70	63,62	67,62	44,15	59,42	15,08	176,33	254,47	371,28
63	07-nov	4	0	270,45	164,99	130,17	106,84	43,41	51,50	62,96	40,28	51,66	12,99	155,72	232,31	326,79
64	18-nov	2	1	1611,62	1707,24	893,22	133,76	298,09	205,43	465,06	255,51	192,82	895,24	747,16	794,78	1450,16
65	19-nov	4	0	270,45	164,99	130,17	106,84	43,41	51,50	62,96	40,28	51,66	12,99	155,72	232,31	326,79
66	23-nov	2	1	1611,62	1707,24	893,22	133,76	298,09	205,43	465,06	255,51	192,82	895,24	747,16	794,78	1450,16
67	24-nov	4	0	270,45	164,99	130,17	106,84	43,41	51,50	62,96	40,28	51,66	12,99	155,72	232,31	326,79
68	16-dic	2	1	1305,48	1465,48	792,77	98,90	242,67	203,08	355,35	237,60	153,42	702,61	591,35	552,26	1004,10
69	16-dic	4	0	324,75	200,09	159,18	128,97	50,12	62,36	77,28	44,99	62,59	15,75	181,70	257,55	350,10
70	18-dic	2	1	1305,48	1465,48	792,77	98,90	242,67	203,08	355,35	237,60	153,42	702,61	591,35	552,26	1004,10
71	20-dic	4	0	324,75	200,09	159,18	128,97	50,12	62,36	77,28	44,99	62,59	15,75	181,70	257,55	350,10

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo J. RPM optimizadas del RR02.

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	13-ene	2	1	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1100	1000	1200	1200	1100	1200	1200
2	16-ene	4	0	1200	1200	1200	1100	1200	1200	1100	1200	1200	1200	1200	1100	1200
3	22-ene	2	1	1200	1200	1200	1200	1200	900	1100	1100	800	1200	1200	1200	500
4	22-ene	2	1	1200	1200	1200	800	1200	1200	1100	1200	1200	1200	1200	800	1200
5	22-ene	4	0	1200	1200	1200	700	1200	1200	1100	1200	1200	1200	1100	1200	1000
6	24-ene	4	0	900	1100	1100	1100	1200	1200	1000	1200	1200	1200	1000	1200	1200
7	24-ene	4	0	1200	1200	1000	1100	1200	1200	1100	1100	1200	800	1200	1200	1200
8	09-feb	2	1	1100	900	1200	1200	1100	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
9	10-feb	4	0	1100	1200	1100	700	1200	1200	1100	1200	1200	1200	1200	1100	1100
10	14-feb	2	1	1200	1000	1200	1200	1100	1200	1200	1200	1200	1100	1200	1200	1100
11	16-feb	4	0	1100	1200	1200	1000	1100	1200	1200	1200	1100	1200	1000	1000	1200
12	19-feb	2	1	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	900	1200	900	1200	1200
13	19-feb	4	0	1200	1200	900	1200	1200	1100	1000	1200	1200	1200	900	900	1200
14	27-feb	2	1	1000	1100	1200	800	1200	1100	1100	1200	1200	1100	1200	1200	1200
15	04-mar	4	0	1000	900	1100	1200	800	1200	1200	1000	1200	800	1200	1200	1200
16	08-mar	2	1	1200	1100	900	1200	1100	900	1200	1200	1200	1200	900	1200	1200
17	08-mar	4	0	1200	1100	1200	1200	1200	1200	1000	1200	1100	1000	1200	1200	1100
18	22-mar	4	0	1200	1200	900	900	1200	1200	1200	1200	800	1200	1200	1200	1100

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

Anexo J. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	31-mar	4	0	1200	1200	1100	1200	1200	1200	800	1100	1100	1200	1200	700	1200
20	08-abr	4	0	1200	1100	1200	1200	700	1200	1000	1200	1200	1200	1200	1200	1100
21	29-abr	2	1	1100	1100	800	1000	1200	1200	1200	1200	1200	1100	800	1200	1200
22	29-abr	4	0	1200	1100	1200	1100	1200	1200	1200	700	1200	600	1200	1000	1200
23	05-may	1	1	1100	1200	1100	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	900	1200	1200
24	08-may	4	0	1200	1200	1100	1200	1200	1200	1200	1100	1200	1200	1200	1200	1100
25	16-may	2	1	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
26	17-may	4	0	1200	1100	800	1200	1200	1200	1200	1100	1200	1200	1000	1200	1200
27	22-may	2	1	1100	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
28	24-may	4	0	1200	1100	1200	1200	1200	1200	600	800	1200	1200	1200	1200	1200
29	02-jun	2	1	1200	1100	1100	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1100	1200	1200
30	02-jun	4	0	1200	1200	500	1200	1200	1100	1200	1200	1100	1200	1200	1100	1200
31	23-jun	2	1	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1100	1200	1200	1200	900	1200	1200
32	23-jun	4	0	1200	1200	1200	800	1100	1200	1200	1200	1200	1200	1100	1200	1200
33	24-jun	4	0	1000	1100	1100	1200	1200	1000	1200	1200	1100	800	1200	1100	1200
34	08-jul	2	1	1100	1200	1200	1100	700	1200	1200	1200	1200	600	1000	1200	1100
35	09-jul	4	0	1100	1200	1200	1100	1100	1200	1200	1200	1000	1200	700	1200	1200
36	18-jul	4	0	1200	1200	1200	1100	700	1200	1200	1200	1200	1200	1000	1200	900

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.



Anexo J. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
37	23-jul	2	1	700	1100	1200	1200	1200	1200	1200	900	1100	1200	1200	1200	1100
38	26-jul	4	0	1200	1200	1200	700	1000	1200	900	1200	1200	1000	1200	1200	1200
39	06-ago	4	0	1200	1100	1200	900	700	1200	1000	1100	1200	1200	1200	1100	1200
40	14-ago	2	1	1200	800	1200	1200	1100	1100	1100	1200	1200	900	1200	1200	1100
41	17-ago	4	0	1200	1000	1200	1200	1100	1100	1200	1100	1200	1100	1200	1200	1100
42	20-ago	2	1	1200	1200	800	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
43	20-ago	4	0	1200	1000	1200	900	1000	1200	1200	700	1200	1200	1200	1200	1200
44	28-ago	4	0	1100	1100	1000	1200	1200	1200	800	1100	1200	1200	1200	1200	1000
45	07-sep	2	1	1200	1000	1100	1200	1200	1200	900	1200	1200	1200	1100	1200	1200
46	13-sep	4	0	1200	1200	1000	1200	1200	1200	1200	1000	1200	1100	1200	1200	1200
47	24-sep	4	0	1200	1200	1200	1200	1200	1100	900	1000	1200	1100	1000	1200	1100
48	30-sep	2	1	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1100	1000	1200	1200	1000	1200
49	11-oct	4	0	1200	1100	1200	800	1200	800	1200	1100	1200	1200	1200	1000	1000
50	13-oct	2	1	1100	1200	1000	1100	1200	1200	800	1200	1200	1200	1200	800	1100
51	13-oct	2	1	1000	1200	800	800	1200	1100	1000	1200	800	1200	1100	1100	1200
52	14-oct	4	0	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1100	1200	1100	1000	1200	1200	1200
53	20-oct	4	0	1200	1200	1100	1000	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1000	1100	1200
54	03-nov	2	1	1200	1200	1100	1200	1200	1100	1200	700	1200	1200	1200	1200	1200

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

Anexo J. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
55	07-nov	4	0	1100	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	900	1200	1200
56	13-nov	2	1	1200	1200	1100	1200	1200	1100	1200	1100	1100	1200	1100	1200	1200
57	13-nov	4	0	1100	1100	1200	1200	1200	1200	1100	1200	1200	1200	1100	1200	1200
58	15-nov	4	0	1100	1000	1200	1100	1200	1200	1100	1200	1100	1200	1000	1200	900
59	26-nov	4	0	1000	1200	1200	1100	1200	1100	800	1200	1200	900	1000	1200	1200
60	04-dic	2	1	1100	1200	1200	1100	1200	900	1200	1100	1100	1200	1200	1200	1200
61	04-dic	4	0	1100	700	1200	1200	1200	1000	1200	1200	1200	1200	1200	1100	1100
62	10-dic	2	1	1200	1100	1200	1000	900	1200	1200	1200	1200	1100	1200	1000	600
63	11-dic	4	0	1200	1200	800	1200	1000	1200	1200	1200	1200	1100	1200	1200	1100
64	21-dic	2	1	1200	1100	1200	900	1200	1200	1000	1200	1200	1200	1200	1100	700
65	27-dic	2	1	1000	1100	1200	1100	1200	1100	1100	1200	1200	1100	1100	1200	1000
66	27-dic	2	1	1200	1000	1200	1200	1200	1200	1200	800	1000	1100	1100	1000	1200
67	28-dic	4	0	1200	1200	1200	1200	1200	1000	1000	1100	1200	1200	1100	1200	900

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

## Anexo K. Tiempos optimizados del RR02.

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	13-ene	2	1	9,33	10,24	5,95	0,67	1,41	1,38	2,05	2,48	0,85	2,70	3,87	3,53	5,51
2	16-ene	4	0	2,86	1,64	1,46	1,44	0,44	0,56	0,94	0,43	0,53	0,14	1,69	2,62	2,93
3	22-ene	2	1	9,33	10,24	5,95	0,67	1,41	2,88	2,05	1,99	1,66	2,70	3,34	3,53	37,74
4	22-ene	2	1	9,33	10,24	5,95	11,88	1,41	1,38	2,05	1,66	0,85	2,70	3,34	7,44	5,51
5	22-ene	4	0	2,86	1,64	1,46	1,96	0,44	0,56	0,94	0,43	0,53	0,14	1,79	2,49	3,30
6	24-ene	4	0	3,52	1,75	1,55	1,44	0,44	0,56	1,01	0,43	0,53	0,14	1,89	2,49	2,93
7	24-ene	4	0	2,86	1,64	1,65	1,44	0,44	0,56	0,94	0,46	0,53	0,18	1,69	2,49	2,93
8	09-feb	2	1	7,81	15,28	5,12	0,49	1,42	1,26	1,92	1,51	0,83	2,56	3,31	3,62	5,64
9	10-feb	4	0	3,01	1,62	1,55	2,04	0,45	0,58	0,91	0,45	0,56	0,16	1,77	2,85	3,54
10	14-feb	2	1	6,81	11,60	5,12	0,49	1,42	1,26	1,92	1,51	0,83	2,91	3,31	3,62	6,44
11	16-feb	4	0	3,01	1,62	1,46	1,59	0,48	0,58	0,85	0,45	0,60	0,16	2,00	3,03	3,32
12	19-feb	2	1	6,81	7,82	5,12	0,49	1,23	1,26	1,92	1,51	1,28	2,56	5,60	3,62	5,64
13	19-feb	4	0	2,82	1,62	1,78	1,39	0,45	0,61	0,97	0,45	0,56	0,16	2,13	3,23	3,32
14	27-feb	2	1	9,14	9,34	5,12	1,60	1,23	1,49	2,22	1,51	0,83	2,91	3,31	3,62	5,64
15	04-mar	4	0	2,97	1,84	1,48	1,30	0,59	0,57	0,82	0,50	0,57	0,21	1,81	2,66	3,47
16	08-mar	2	1	6,26	9,68	8,87	0,46	1,37	2,36	2,13	1,57	0,85	2,93	6,88	4,20	6,65
17	08-mar	4	0	2,62	1,62	1,39	1,30	0,44	0,57	0,92	0,45	0,60	0,18	1,81	2,66	3,71
18	22-mar	4	0	2,62	1,53	1,68	1,58	0,44	0,57	0,82	0,45	0,75	0,16	1,81	2,66	3,71

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

# Anexo K. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	31-mar	4	0	2,62	1,53	1,48	1,30	0,44	0,57	1,06	0,47	0,60	0,16	1,81	3,69	3,47
20	08-abr	4	0	2,60	1,61	1,29	1,28	0,59	0,52	0,84	0,43	0,53	0,15	1,71	2,55	3,52
21	29-abr	2	1	7,92	11,51	20,29	1,00	1,37	1,40	2,79	2,19	0,96	3,51	21,54	4,29	6,81
22	29-abr	4	0	2,60	1,61	1,29	1,36	0,41	0,52	0,75	0,59	0,53	0,22	1,71	2,86	3,30
23	05-may	1	1	6,25	10,00	7,60	0,65	1,42	1,43	2,63	2,03	0,94	4,68	9,60	4,10	6,26
24	08-may	4	0	2,69	1,54	1,39	1,11	0,42	0,53	0,76	0,45	0,53	0,15	1,68	2,50	3,39
25	16-may	2	1	7,43	10,00	6,13	0,65	1,42	1,43	2,63	2,03	0,94	4,68	4,40	4,10	6,26
26	17-may	4	0	2,69	1,64	1,68	1,11	0,42	0,53	0,76	0,45	0,53	0,15	1,88	2,50	3,19
27	22-may	2	1	8,63	10,00	6,13	0,65	1,42	1,43	2,63	2,03	0,94	4,68	4,40	4,10	6,26
28	24-may	4	0	2,69	1,64	1,32	1,11	0,42	0,53	1,12	0,55	0,53	0,15	1,68	2,50	3,19
29	02-jun	2	1	7,39	12,36	7,42	0,63	1,37	1,34	2,20	1,69	0,89	4,08	4,66	3,79	5,55
30	02-jun	4	0	2,84	1,59	2,26	1,15	0,43	0,59	0,81	0,44	0,57	0,15	1,69	2,65	3,20
31	23-jun	2	1	7,39	9,83	6,01	0,63	1,37	1,34	2,61	1,69	0,89	4,08	7,56	3,79	5,55
32	23-jun	4	0	2,84	1,59	1,37	1,47	0,46	0,55	0,81	0,44	0,53	0,15	1,78	2,51	3,20
33	24-jun	4	0	3,25	1,69	1,45	1,15	0,43	0,62	0,81	0,44	0,57	0,19	1,69	2,65	3,20
34	08-jul	2	1	8,26	9,53	5,57	0,71	4,08	1,26	2,04	1,48	0,83	21,02	4,55	3,35	5,64
35	09-jul	4	0	3,22	1,68	1,46	1,35	0,47	0,58	0,83	0,45	0,63	0,15	2,37	2,53	3,24
36	18-jul	4	0	3,01	1,68	1,46	1,35	0,65	0,58	0,83	0,45	0,55	0,15	1,93	2,53	3,96

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo K. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
37	23-jul	2	1	21,56	11,89	5,57	0,57	1,27	1,26	2,04	2,67	0,95	3,07	3,31	3,35	5,64
38	26-jul	4	0	3,01	1,68	1,46	1,80	0,51	0,58	1,01	0,45	0,55	0,17	1,72	2,53	3,24
39	06-ago	4	0	2,97	1,81	1,49	1,74	0,69	0,60	0,98	0,48	0,57	0,16	1,78	2,82	3,42
40	14-ago	2	1	6,44	24,39	5,03	0,51	1,36	1,38	2,19	1,34	0,78	3,84	3,15	3,32	5,80
41	17-ago	4	0	2,97	1,94	1,49	1,40	0,49	0,64	0,86	0,48	0,57	0,16	1,78	2,66	3,65
42	20-ago	2	1	6,44	8,05	13,82	0,51	1,18	1,18	1,89	1,34	0,78	2,50	3,15	3,32	5,14
43	20-ago	4	0	2,97	1,94	1,49	1,74	0,53	0,60	0,86	0,64	0,57	0,16	1,78	2,66	3,42
44	28-ago	4	0	3,17	1,81	1,70	1,40	0,46	0,60	1,13	0,48	0,57	0,16	1,78	2,66	3,91
45	07-sep	2	1	6,46	11,50	5,88	0,50	1,17	1,17	4,84	1,31	0,78	2,61	3,48	3,29	5,37
46	13-sep	4	0	2,89	1,70	1,74	1,37	0,46	0,61	0,78	0,52	0,57	0,17	1,79	2,70	3,41
47	24-sep	4	0	2,89	1,70	1,52	1,37	0,46	0,65	0,94	0,52	0,57	0,17	2,02	2,70	3,64
48	30-sep	2	1	6,46	7,78	4,96	0,50	1,17	1,17	2,39	1,51	1,00	2,61	3,05	4,35	5,37
49	11-oct	4	0	2,85	1,87	1,49	1,57	0,46	0,84	0,75	0,49	0,58	0,16	1,83	3,05	4,05
50	13-oct	2	1	6,89	7,70	6,60	0,55	1,13	1,16	13,44	1,25	0,77	3,48	3,16	5,80	6,32
51	13-oct	2	1	7,91	7,70	11,33	1,31	1,13	1,36	4,64	1,25	1,38	3,48	3,63	3,52	5,55
52	14-oct	4	0	2,85	1,75	1,49	1,21	0,46	0,63	0,79	0,46	0,62	0,18	1,83	2,70	3,52
53	20-oct	4	0	2,85	1,75	1,59	1,37	0,46	0,63	0,75	0,46	0,58	0,16	2,08	2,87	3,52
54	03-nov	2	1	7,00	9,22	7,12	0,64	1,35	1,64	3,40	10,93	0,88	3,94	3,84	3,49	6,03

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo K. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
55	07-nov	4	0	2,91	1,65	1,38	1,17	0,43	0,55	0,71	0,43	0,54	0,15	2,03	2,56	3,28
56	13-nov	2	1	7,00	9,22	7,12	0,64	1,35	1,64	3,40	2,04	1,01	3,94	4,55	3,49	6,03
57	13-nov	4	0	2,91	1,76	1,38	1,17	0,43	0,55	0,75	0,43	0,54	0,15	1,80	2,56	3,28
58	15-nov	4	0	2,91	1,88	1,38	1,23	0,43	0,55	0,75	0,43	0,57	0,15	1,91	2,56	4,01
59	26-nov	4	0	3,11	1,65	1,38	1,23	0,43	0,59	0,89	0,43	0,54	0,17	1,91	2,56	3,28
60	04-dic	2	1	7,36	7,55	4,45	0,51	1,07	1,98	2,16	1,46	0,86	2,90	2,94	2,88	4,97
61	04-dic	4	0	3,24	2,78	1,55	1,31	0,47	0,71	0,81	0,46	0,60	0,16	1,87	2,89	3,64
62	10-dic	2	1	6,47	8,95	4,45	0,62	1,65	1,13	2,16	1,28	0,76	3,35	2,94	3,67	14,67
63	11-dic	4	0	3,02	1,83	2,08	1,31	0,54	0,62	0,81	0,46	0,60	0,17	1,87	2,72	3,64
64	21-dic	2	1	6,47	8,95	4,45	0,79	1,07	1,13	3,12	1,28	0,76	2,90	2,94	3,23	11,07
65	27-dic	2	1	8,54	8,95	4,45	0,51	1,07	1,32	2,55	1,28	0,76	3,35	3,34	2,88	6,38
66	27-dic	2	1	6,47	11,01	4,45	0,43	1,07	1,13	2,16	2,60	0,98	3,35	3,34	3,67	4,97
67	28-dic	4	0	3,02	1,83	1,55	1,31	0,47	0,71	0,92	0,49	0,60	0,16	1,99	2,72	4,21

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

Anexo L. Consumo de combustible optimizado del RR02.

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	13-ene	2	1	1161,02	1275,03	740,08	84,00	175,07	171,29	234,18	257,59	105,66	335,95	441,08	439,83	685,43
2	16-ene	4	0	355,47	204,37	181,28	164,26	54,66	69,36	107,07	53,83	65,80	18,03	210,36	299,35	365,21
3	22-ene	2	1	1161,02	1275,03	740,08	84,00	175,07	269,20	234,18	227,03	137,80	335,95	415,21	439,83	1957,15
4	22-ene	2	1	1161,02	1275,03	740,08	985,80	175,07	171,29	234,18	206,61	105,66	335,95	415,21	617,77	685,43
5	22-ene	4	0	355,47	204,37	181,28	142,54	54,66	69,36	107,07	53,83	65,80	18,03	203,73	309,66	341,78
6	24-ene	4	0	329,06	199,51	176,75	164,26	54,66	69,36	104,24	53,83	65,80	18,03	196,31	309,66	365,21
7	24-ene	4	0	355,47	204,37	171,61	164,26	54,66	69,36	107,07	52,20	65,80	15,07	210,36	309,66	365,21
8	09-feb	2	1	890,61	1426,92	637,20	61,51	161,80	156,39	239,00	187,42	102,76	318,77	412,20	450,88	701,40
9	10-feb	4	0	343,52	202,06	177,36	148,35	55,47	71,83	103,48	55,49	69,57	19,56	220,48	325,16	403,77
10	14-feb	2	1	848,01	1202,77	637,20	61,51	161,80	156,39	239,00	187,42	102,76	331,53	412,20	450,88	734,68
11	16-feb	4	0	343,52	202,06	181,86	165,07	54,33	71,83	106,09	55,49	67,89	19,56	206,95	314,24	413,18
12	19-feb	2	1	848,01	973,41	637,20	61,51	152,98	156,39	239,00	187,42	119,77	318,77	522,49	450,88	701,40
13	19-feb	4	0	351,32	202,06	166,37	172,64	55,47	69,87	100,50	55,49	69,57	19,56	198,81	301,85	413,18
14	27-feb	2	1	947,75	1065,79	637,20	132,54	152,98	170,49	253,43	187,42	102,76	331,53	412,20	450,88	701,40
15	04-mar	4	0	307,65	172,14	168,60	161,53	48,76	70,79	101,69	52,35	70,64	17,19	225,42	331,56	431,73
16	08-mar	2	1	779,30	1103,95	828,06	57,57	155,84	219,95	264,84	194,84	105,72	365,16	642,72	522,47	828,24
17	08-mar	4	0	326,29	185,03	173,39	161,53	54,64	70,79	95,79	55,70	69,00	18,77	225,42	331,56	423,15
18	22-mar	4	0	326,29	190,37	157,01	147,79	54,64	70,79	101,69	55,70	62,47	20,00	225,42	331,56	423,15

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

## Anexo L. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	31-mar	4	0	326,29	190,37	168,60	161,53	54,64	70,79	88,12	54,12	69,00	20,00	225,42	267,60	431,73
20	08-abr	4	0	323,37	183,55	160,49	159,48	42,94	64,12	86,81	53,49	66,54	18,61	213,15	317,62	401,06
21	29-abr	2	1	904,08	1313,15	1684,00	103,85	170,00	174,81	347,69	272,98	119,19	400,79	1787,21	533,56	847,67
22	29-abr	4	0	323,37	183,55	160,49	155,42	51,63	64,12	93,17	42,86	66,54	13,55	213,15	296,15	410,58
23	05-may	1	1	713,61	1244,37	867,02	80,30	176,63	177,90	327,05	252,12	117,25	583,06	896,33	509,74	779,23
24	08-may	4	0	334,58	192,12	158,95	138,61	52,00	65,40	94,77	51,56	65,58	18,21	208,62	311,52	387,07
25	16-may	2	1	924,85	1244,37	762,41	80,30	176,63	177,90	327,05	252,12	117,25	583,06	547,24	509,74	779,23
26	17-may	4	0	334,58	186,83	139,57	138,61	52,00	65,40	94,77	51,56	65,58	18,21	194,50	311,52	397,11
27	22-may	2	1	984,31	1244,37	762,41	80,30	176,63	177,90	327,05	252,12	117,25	583,06	547,24	509,74	779,23
28	24-may	4	0	334,58	186,83	164,00	138,61	52,00	65,40	69,93	45,27	65,58	18,21	208,62	311,52	397,11
29	02-jun	2	1	919,75	1410,78	846,21	78,26	170,45	167,15	273,99	210,17	110,46	507,69	531,98	471,47	691,05
30	02-jun	4	0	353,97	198,18	117,04	143,68	53,46	66,92	100,40	54,25	64,68	18,32	209,76	302,59	398,06
31	23-jun	2	1	919,75	1223,99	747,59	78,26	170,45	167,15	297,36	210,17	110,46	507,69	705,73	471,47	691,05
32	23-jun	4	0	353,97	198,18	170,32	121,84	52,23	68,97	100,40	54,25	66,48	18,32	203,12	312,82	398,06
33	24-jun	4	0	337,51	193,10	165,43	143,68	53,46	64,62	100,40	54,25	64,68	15,37	209,76	302,59	398,06
34	08-jul	2	1	942,49	1186,23	693,11	80,55	296,48	156,73	253,51	184,70	103,85	1308,23	472,37	417,18	643,68
35	09-jul	4	0	367,84	209,65	181,81	154,25	54,00	72,23	103,46	55,45	64,88	18,80	172,06	315,39	403,73
36	18-jul	4	0	374,53	209,65	181,81	154,25	47,24	72,23	103,46	55,45	68,56	18,80	200,64	315,39	370,01

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.



## Anexo L. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
37	23-jul	2	1	1565,20	1356,47	693,11	70,48	158,13	156,73	253,51	249,43	108,20	382,48	412,45	417,18	643,68
38	26-jul	4	0	374,53	209,65	181,81	130,95	52,69	72,23	94,18	55,45	68,56	17,52	214,49	315,39	403,73
39	06-ago	4	0	369,17	206,00	185,98	162,86	50,06	75,28	101,21	55,30	70,79	19,32	221,92	321,85	425,13
40	14-ago	2	1	801,79	2023,95	625,48	64,06	155,02	157,87	249,44	167,39	96,87	358,52	392,49	413,52	661,69
41	17-ago	4	0	369,17	200,74	185,98	174,79	56,31	73,44	106,75	55,30	70,79	18,72	221,92	331,64	416,24
42	20-ago	2	1	801,79	1001,67	1146,91	64,06	147,39	146,55	235,74	167,39	96,87	311,71	392,49	413,52	639,65
43	20-ago	4	0	369,17	200,74	185,98	162,86	55,10	75,28	106,75	46,64	70,79	19,32	221,92	331,64	425,13
44	28-ago	4	0	362,21	206,00	176,68	174,79	57,35	75,28	93,90	55,30	70,79	19,32	221,92	331,64	406,05
45	07-sep	2	1	804,37	1192,54	670,57	62,71	146,14	145,58	452,14	163,11	96,97	324,77	397,57	409,25	668,75
46	13-sep	4	0	360,12	211,72	180,04	170,93	57,32	76,18	97,56	53,72	71,09	18,85	223,04	335,52	424,40
47	24-sep	4	0	360,12	211,72	189,08	170,93	57,32	74,38	87,73	53,72	71,09	18,85	209,65	335,52	415,48
48	30-sep	2	1	804,37	967,81	616,76	62,71	146,14	145,58	297,62	172,03	104,18	324,77	379,38	451,37	668,75
49	11-oct	4	0	354,17	213,71	185,83	129,93	57,76	69,39	93,08	55,62	72,42	19,99	228,39	316,10	420,10
50	13-oct	2	1	786,24	958,84	684,32	63,00	140,81	144,54	1115,24	155,25	95,73	432,84	393,17	481,57	721,42
51	13-oct	2	1	820,29	958,84	940,28	108,79	140,81	155,33	481,16	155,25	114,56	432,84	414,18	402,01	690,30
52	14-oct	4	0	354,17	217,96	185,83	151,08	57,76	78,02	90,08	57,15	70,86	18,77	228,39	336,61	437,90
53	20-oct	4	0	354,17	217,96	181,48	141,85	57,76	78,02	93,08	57,15	72,42	19,99	215,35	326,97	437,90
54	03-nov	2	1	871,15	1147,78	812,30	80,22	168,23	186,82	422,91	793,41	109,77	490,80	477,46	434,75	750,54

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

## Anexo L. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
55	07-nov	4	0	331,91	205,48	171,52	145,10	53,62	68,92	88,93	54,08	66,82	18,21	189,44	318,23	407,90
56	13-nov	2	1	871,15	1147,78	812,30	80,22	168,23	186,82	422,91	232,37	115,26	490,80	519,59	434,75	750,54
57	13-nov	4	0	331,91	200,67	171,52	145,10	53,62	68,92	85,85	54,08	66,82	18,21	205,18	318,23	407,90
58	15-nov	4	0	331,91	195,19	171,52	140,60	53,62	68,92	85,85	54,08	65,04	18,21	197,78	318,23	374,70
59	26-nov	4	0	322,53	205,48	171,52	140,60	53,62	66,87	74,26	54,08	66,82	16,13	197,78	318,23	407,90
60	04-dic	2	1	840,03	939,43	554,52	57,89	133,46	184,69	269,34	166,90	97,87	360,59	365,54	358,78	618,98
61	04-dic	4	0	369,84	202,09	192,71	162,44	58,02	73,37	101,04	57,79	74,53	20,52	232,47	329,50	415,11
62	10-dic	2	1	805,66	1021,65	554,52	63,97	153,71	140,59	269,34	158,86	95,03	381,75	365,54	380,53	913,20
63	11-dic	4	0	376,42	228,33	172,34	162,44	55,84	77,14	101,04	57,79	74,53	19,96	232,47	339,07	415,11
64	21-dic	2	1	805,66	1021,65	554,52	73,39	133,46	140,59	323,17	158,86	95,03	360,59	365,54	368,35	804,01
65	27-dic	2	1	885,34	1021,65	554,52	57,89	133,46	150,38	291,40	158,86	95,03	381,75	381,08	358,78	661,61
66	27-dic	2	1	805,66	1141,54	554,52	53,64	133,46	140,59	269,34	216,08	101,50	381,75	381,08	380,53	618,98
67	28-dic	4	0	376,42	228,33	192,71	162,44	58,02	73,37	95,10	56,29	74,53	20,52	226,49	339,07	393,02

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

Anexo M. RPM optimizadas del RR07.

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	02-ene	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
2	03-ene	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
3	05-ene	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
4	05-ene	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
5	22-ene	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
6	24-ene	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
7	24-ene	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
8	31-ene	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
9	31-ene	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
10	09-feb	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
11	10-feb	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
12	04-mar	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
13	06-mar	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
14	12-mar	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
15	12-mar	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
16	25-mar	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
17	27-mar	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
18	08-abr	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo M. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	10-abr	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
20	16-abr	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
21	22-abr	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
22	23-abr	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
23	24-abr	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
24	07-may	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
25	08-may	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
26	08-may	1	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
27	08-may	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
28	08-may	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
29	08-may	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
30	21-may	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
31	24-may	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
32	13-jun	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
33	14-jun	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
34	16-jun	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
35	16-jun	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
36	29-jun	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo M. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
37	09-jul	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
38	10-jul	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
39	26-jul	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
40	26-jul	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
41	12-ago	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
42	14-ago	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
43	01-sep	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
44	01-sep	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
45	18-sep	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
46	19-sep	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
47	19-sep	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
48	22-sep	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
49	24-sep	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
50	06-oct	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
51	08-oct	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
52	08-oct	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
53	13-oct	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
54	22-oct	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo M. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
55	05-nov	1	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
56	05-nov	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
57	14-nov	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
58	15-nov	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
59	17-nov	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
60	17-nov	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
61	22-nov	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
62	22-nov	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
63	09-dic	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
64	09-dic	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
65	11-dic	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
66	11-dic	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
67	17-dic	2	1	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
68	22-dic	4	0	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

Anexo N. Tiempos optimizados del RR07.

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	02-ene	2	1	12,94	15,57	8,52	1,09	1,86	1,91	2,25	2,26	1,06	3,38	4,28	4,48	6,85
2	03-ene	4	0	3,18	1,82	1,61	1,50	0,49	0,61	0,98	0,47	0,58	0,16	1,85	2,71	3,22
3	05-ene	2	1	12,94	15,57	8,52	1,09	1,86	1,91	2,25	2,26	1,06	3,38	4,28	4,48	6,85
4	05-ene	4	0	3,18	1,82	1,61	1,50	0,49	0,61	0,98	0,47	0,58	0,16	1,85	2,71	3,22
5	22-ene	4	0	3,18	1,82	1,61	1,50	0,49	0,61	0,98	0,47	0,58	0,16	1,85	2,71	3,22
6	24-ene	2	1	12,94	15,57	8,52	1,09	1,86	1,91	2,25	2,26	1,06	3,38	4,28	4,48	6,85
7	24-ene	4	0	3,18	1,82	1,61	1,50	0,49	0,61	0,98	0,47	0,58	0,16	1,85	2,71	3,22
8	31-ene	2	1	12,94	15,57	8,52	1,09	1,86	1,91	2,25	2,26	1,06	3,38	4,28	4,48	6,85
9	31-ene	4	0	3,18	1,82	1,61	1,50	0,49	0,61	0,98	0,47	0,58	0,16	1,85	2,71	3,22
10	09-feb	2	1	8,56	10,58	6,92	0,68	1,56	1,69	2,45	1,98	1,02	3,16	4,24	4,62	7,05
11	10-feb	4	0	3,14	1,80	1,62	1,55	0,50	0,64	0,94	0,49	0,62	0,17	1,95	2,96	3,69
12	04-mar	2	1	7,71	11,02	6,37	0,62	1,50	1,66	2,80	2,09	1,06	3,75	4,94	5,60	8,72
13	06-mar	4	0	2,89	1,68	1,53	1,44	0,49	0,63	0,90	0,49	0,63	0,18	1,99	2,92	3,87
14	12-mar	2	1	7,71	11,02	6,37	0,62	1,50	1,66	2,80	2,09	1,06	3,75	4,94	5,60	8,72
15	12-mar	4	0	2,89	1,68	1,53	1,44	0,49	0,63	0,90	0,49	0,63	0,18	1,99	2,92	3,87
16	25-mar	2	1	7,71	11,02	6,37	0,62	1,50	1,66	2,80	2,09	1,06	3,75	4,94	5,60	8,72
17	27-mar	4	0	2,89	1,68	1,53	1,44	0,49	0,63	0,90	0,49	0,63	0,18	1,99	2,92	3,87
18	08-abr	2	1	8,70	13,46	7,99	0,88	1,79	1,97	4,09	3,38	1,23	3,90	6,90	5,76	8,99

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo N. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	10-abr	4	0	2,86	1,67	1,41	1,42	0,46	0,56	0,82	0,47	0,59	0,16	1,88	2,79	3,66
20	16-abr	2	1	8,70	13,46	7,99	0,88	1,79	1,97	4,09	3,38	1,23	3,90	6,90	5,76	8,99
21	22-abr	4	0	2,86	1,67	1,41	1,42	0,46	0,56	0,82	0,47	0,59	0,16	1,88	2,79	3,66
22	23-abr	2	1	8,70	13,46	7,99	0,88	1,79	1,97	4,09	3,38	1,23	3,90	6,90	5,76	8,99
23	24-abr	4	0	2,86	1,67	1,41	1,42	0,46	0,56	0,82	0,47	0,59	0,16	1,88	2,79	3,66
24	07-may	2	1	9,56	15,01	8,89	1,01	1,88	2,01	3,74	3,00	1,20	7,18	6,19	5,42	8,05
25	08-may	2	1	9,56	15,01	8,89	1,01	1,88	2,01	3,74	3,00	1,20	7,18	6,19	5,42	8,05
26	08-may	1	1	6,93	15,01	8,89	1,01	1,88	2,01	3,74	3,00	1,20	7,18	6,19	5,42	8,05
27	08-may	4	0	2,97	1,70	1,44	1,21	0,46	0,57	0,83	0,47	0,58	0,16	1,83	2,73	3,53
28	08-may	4	0	2,97	1,70	1,44	1,21	0,46	0,57	0,83	0,47	0,58	0,16	1,83	2,73	3,53
29	08-may	4	0	2,97	1,70	1,44	1,21	0,46	0,57	0,83	0,47	0,58	0,16	1,83	2,73	3,53
30	21-may	2	1	9,56	15,01	8,89	1,01	1,88	2,01	3,74	3,00	1,20	7,18	6,19	5,42	8,05
31	24-may	4	0	2,97	1,70	1,44	1,21	0,46	0,57	0,83	0,47	0,58	0,16	1,83	2,73	3,53
32	13-jun	2	1	9,49	14,64	8,64	0,97	1,80	1,85	2,93	2,31	1,12	5,85	5,27	4,89	6,92
33	14-jun	4	0	3,16	1,76	1,50	1,26	0,48	0,61	0,89	0,48	0,59	0,16	1,84	2,74	3,54
34	16-jun	2	1	9,49	14,64	8,64	0,97	1,80	1,85	2,93	2,31	1,12	5,85	5,27	4,89	6,92
35	16-jun	4	0	3,16	1,76	1,50	1,26	0,48	0,61	0,89	0,48	0,59	0,16	1,84	2,74	3,54
36	29-jun	4	0	3,16	1,76	1,50	1,26	0,48	0,61	0,89	0,48	0,59	0,16	1,84	2,74	3,54

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.



Anexo N. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
37	09-jul	2	1	9,11	13,98	7,76	0,83	1,63	1,69	2,65	1,95	1,03	3,98	4,24	4,19	6,10
38	10-jul	4	0	3,37	1,87	1,62	1,41	0,49	0,64	0,92	0,49	0,61	0,17	1,89	2,77	3,59
39	26-jul	2	1	9,11	13,98	7,76	0,83	1,63	1,69	2,65	1,95	1,03	3,98	4,24	4,19	6,10
40	26-jul	4	0	3,37	1,87	1,62	1,41	0,49	0,64	0,92	0,49	0,61	0,17	1,89	2,77	3,59
41	12-ago	2	1	7,98	11,00	6,75	0,72	1,49	1,55	2,41	1,71	0,95	3,08	3,98	4,14	6,29
42	14-ago	4	0	3,32	1,88	1,66	1,57	0,52	0,67	0,95	0,50	0,63	0,17	1,96	2,92	3,80
43	01-sep	2	1	8,01	10,50	6,62	0,70	1,48	1,53	3,28	1,66	0,95	3,24	3,81	4,09	6,64
44	01-sep	4	0	3,22	1,89	1,69	1,53	0,52	0,68	0,86	0,50	0,63	0,17	1,97	2,96	3,80
45	18-sep	2	1	8,01	10,50	6,62	0,70	1,48	1,53	3,28	1,66	0,95	3,24	3,81	4,09	6,64
46	19-sep	2	1	8,01	10,50	6,62	0,70	1,48	1,53	3,28	1,66	0,95	3,24	3,81	4,09	6,64
47	19-sep	4	0	3,22	1,89	1,69	1,53	0,52	0,68	0,86	0,50	0,63	0,17	1,97	2,96	3,80
48	22-sep	2	1	8,01	10,50	6,62	0,70	1,48	1,53	3,28	1,66	0,95	3,24	3,81	4,09	6,64
49	24-sep	4	0	3,22	1,89	1,69	1,53	0,52	0,68	0,86	0,50	0,63	0,17	1,97	2,96	3,80
50	06-oct	2	1	7,47	10,37	6,09	0,63	1,41	1,52	4,11	1,56	0,94	4,69	3,99	3,83	6,91
51	08-oct	4	0	3,17	1,96	1,66	1,33	0,52	0,70	0,82	0,51	0,65	0,18	2,02	2,97	3,93
52	08-oct	4	0	3,17	1,96	1,66	1,33	0,52	0,70	0,82	0,51	0,65	0,18	2,02	2,97	3,93
53	13-oct	2	1	7,47	10,37	6,09	0,63	1,41	1,52	4,11	1,56	0,94	4,69	3,99	3,83	6,91
54	22-oct	4	0	3,17	1,96	1,66	1,33	0,52	0,70	0,82	0,51	0,65	0,18	2,02	2,97	3,93

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo N. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
55	05-nov	1	1	55	6,42	13,32	8,24	1,01	1,77	1,87	5,52	2,32	1,11	5,58	5,13	4,41
56	05-nov	4	0	56	3,03	1,83	1,52	1,28	0,48	0,61	0,78	0,48	0,59	0,16	1,86	2,80
57	14-nov	2	1	57	8,85	13,32	8,24	1,01	1,77	1,87	5,52	2,32	1,11	5,58	5,13	4,41
58	15-nov	4	0	58	3,03	1,83	1,52	1,28	0,48	0,61	0,78	0,48	0,59	0,16	1,86	2,80
59	17-nov	2	1	59	8,85	13,32	8,24	1,01	1,77	1,87	5,52	2,32	1,11	5,58	5,13	4,41
60	17-nov	4	0	60	3,03	1,83	1,52	1,28	0,48	0,61	0,78	0,48	0,59	0,16	1,86	2,80
61	22-nov	2	1	61	8,85	13,32	8,24	1,01	1,77	1,87	5,52	2,32	1,11	5,58	5,13	4,41
62	22-nov	4	0	62	3,03	1,83	1,52	1,28	0,48	0,61	0,78	0,48	0,59	0,16	1,86	2,80
63	09-dic	2	1	63	8,03	10,09	5,76	0,57	1,32	1,47	2,87	1,60	0,93	3,69	3,64	3,48
64	09-dic	4	0	64	3,39	2,06	1,72	1,45	0,52	0,69	0,89	0,51	0,67	0,18	2,06	3,00
65	11-dic	2	1	65	8,03	10,09	5,76	0,57	1,32	1,47	2,87	1,60	0,93	3,69	3,64	3,48
66	11-dic	4	0	66	3,39	2,06	1,72	1,45	0,52	0,69	0,89	0,51	0,67	0,18	2,06	3,00
67	17-dic	2	1	67	8,03	10,09	5,76	0,57	1,32	1,47	2,87	1,60	0,93	3,69	3,64	3,48
68	22-dic	4	0	68	3,39	2,06	1,72	1,45	0,52	0,69	0,89	0,51	0,67	0,18	2,06	3,00

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

Anexo O. Consumo de combustible optimizado del RR07.

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	02-ene	2	1	1199,74	1443,19	789,60	100,61	172,61	177,06	208,50	209,61	97,87	312,93	396,39	414,97	634,66
2	03-ene	4	0	294,62	168,70	149,34	139,04	45,30	56,71	90,61	43,94	53,96	14,61	171,36	251,49	298,17
3	05-ene	2	1	1199,74	1443,19	789,60	100,61	172,61	177,06	208,50	209,61	97,87	312,93	396,39	414,97	634,66
4	05-ene	4	0	294,62	168,70	149,34	139,04	45,30	56,71	90,61	43,94	53,96	14,61	171,36	251,49	298,17
5	22-ene	4	0	294,62	168,70	149,34	139,04	45,30	56,71	90,61	43,94	53,96	14,61	171,36	251,49	298,17
6	24-ene	2	1	1199,74	1443,19	789,60	100,61	172,61	177,06	208,50	209,61	97,87	312,93	396,39	414,97	634,66
7	24-ene	4	0	294,62	168,70	149,34	139,04	45,30	56,71	90,61	43,94	53,96	14,61	171,36	251,49	298,17
8	31-ene	2	1	1199,74	1443,19	789,60	100,61	172,61	177,06	208,50	209,61	97,87	312,93	396,39	414,97	634,66
9	31-ene	4	0	294,62	168,70	149,34	139,04	45,30	56,71	90,61	43,94	53,96	14,61	171,36	251,49	298,17
10	09-feb	2	1	793,38	981,11	641,26	63,35	144,91	156,38	227,43	183,95	94,55	293,17	392,70	428,27	653,15
11	10-feb	4	0	290,79	166,60	149,87	143,33	46,05	58,94	87,45	45,43	57,39	15,98	180,42	273,98	341,66
12	04-mar	2	1	714,26	1021,10	590,66	57,88	139,04	154,18	259,83	193,67	97,94	347,71	457,49	518,97	807,85
13	06-mar	4	0	267,95	156,00	142,18	133,12	45,28	58,01	83,45	45,62	58,37	16,37	184,88	271,01	358,77
14	12-mar	2	1	714,26	1021,10	590,66	57,88	139,04	154,18	259,83	193,67	97,94	347,71	457,49	518,97	807,85
15	12-mar	4	0	267,95	156,00	142,18	133,12	45,28	58,01	83,45	45,62	58,37	16,37	184,88	271,01	358,77
16	25-mar	2	1	714,26	1021,10	590,66	57,88	139,04	154,18	259,83	193,67	97,94	347,71	457,49	518,97	807,85
17	27-mar	4	0	267,95	156,00	142,18	133,12	45,28	58,01	83,45	45,62	58,37	16,37	184,88	271,01	358,77
18	08-abr	2	1	806,55	1247,36	740,77	81,52	166,05	182,15	378,71	313,43	113,96	361,09	639,72	533,78	832,86

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

Anexo O. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	10-abr	4	0	265,31	154,71	130,62	131,26	42,52	52,05	75,80	43,64	54,64	15,13	173,85	258,56	339,27
20	16-abr	2	1	806,55	1247,36	740,77	81,52	166,05	182,15	378,71	313,43	113,96	361,09	639,72	533,78	832,86
21	22-abr	4	0	265,31	154,71	130,62	131,26	42,52	52,05	75,80	43,64	54,64	15,13	173,85	258,56	339,27
22	23-abr	2	1	806,55	1247,36	740,77	81,52	166,05	182,15	378,71	313,43	113,96	361,09	639,72	533,78	832,86
23	24-abr	4	0	265,31	154,71	130,62	131,26	42,52	52,05	75,80	43,64	54,64	15,13	173,85	258,56	339,27
24	07-may	2	1	885,85	1391,10	824,18	93,67	174,65	186,69	346,71	277,97	111,59	665,97	573,89	502,25	746,36
25	08-may	2	1	885,85	1391,10	824,18	93,67	174,65	186,69	346,71	277,97	111,59	665,97	573,89	502,25	746,36
26	08-may	1	1	642,23	1391,10	824,18	93,67	174,65	186,69	346,71	277,97	111,59	665,97	573,89	502,25	746,36
27	08-may	4	0	275,48	157,57	133,75	112,53	42,86	53,18	77,23	43,39	53,77	14,77	169,82	253,14	326,96
28	08-may	4	0	275,48	157,57	133,75	112,53	42,86	53,18	77,23	43,39	53,77	14,77	169,82	253,14	326,96
29	08-may	4	0	275,48	157,57	133,75	112,53	42,86	53,18	77,23	43,39	53,77	14,77	169,82	253,14	326,96
30	21-may	2	1	885,85	1391,10	824,18	93,67	174,65	186,69	346,71	277,97	111,59	665,97	573,89	502,25	746,36
31	24-may	4	0	275,48	157,57	133,75	112,53	42,86	53,18	77,23	43,39	53,77	14,77	169,82	253,14	326,96
32	13-jun	2	1	879,57	1357,18	801,13	90,00	166,63	171,17	271,78	214,57	103,46	542,45	488,77	453,54	641,14
33	14-jun	4	0	293,24	163,07	139,41	117,04	44,19	56,36	82,28	44,32	54,57	14,87	170,83	254,30	327,82
34	16-jun	2	1	879,57	1357,18	801,13	90,00	166,63	171,17	271,78	214,57	103,46	542,45	488,77	453,54	641,14
35	16-jun	4	0	293,24	163,07	139,41	117,04	44,19	56,36	82,28	44,32	54,57	14,87	170,83	254,30	327,82
36	29-jun	4	0	293,24	163,07	139,41	117,04	44,19	56,36	82,28	44,32	54,57	14,87	170,83	254,30	327,82

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

Anexo O. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
37	09-jul	2	1	844,34	1295,75	719,73	76,90	151,17	156,83	245,37	180,45	95,80	369,08	393,01	388,27	565,64
38	10-jul	4	0	312,31	173,56	149,82	130,24	45,76	59,31	85,05	45,40	56,47	15,30	175,05	256,58	333,00
39	26-jul	2	1	844,34	1295,75	719,73	76,90	151,17	156,83	245,37	180,45	95,80	369,08	393,01	388,27	565,64
40	26-jul	4	0	312,31	173,56	149,82	130,24	45,76	59,31	85,05	45,40	56,47	15,30	175,05	256,58	333,00
41	12-ago	2	1	739,80	1020,06	625,43	67,05	138,24	143,44	223,48	158,90	87,95	285,19	369,00	384,02	582,79
42	14-ago	4	0	307,31	174,42	153,63	145,32	47,79	62,07	88,04	46,66	58,51	15,76	181,71	271,08	352,66
43	01-sep	2	1	742,75	973,48	613,78	65,08	136,77	142,20	303,92	153,75	88,06	300,00	353,58	379,09	615,57
44	01-sep	4	0	298,92	175,46	156,47	141,75	47,76	62,90	79,73	46,79	58,78	15,87	182,72	274,58	351,99
45	18-sep	2	1	742,75	973,48	613,78	65,08	136,77	142,20	303,92	153,75	88,06	300,00	353,58	379,09	615,57
46	19-sep	2	1	742,75	973,48	613,78	65,08	136,77	142,20	303,92	153,75	88,06	300,00	353,58	379,09	615,57
47	19-sep	4	0	298,92	175,46	156,47	141,75	47,76	62,90	79,73	46,79	58,78	15,87	182,72	274,58	351,99
48	22-sep	2	1	742,75	973,48	613,78	65,08	136,77	142,20	303,92	153,75	88,06	300,00	353,58	379,09	615,57
49	24-sep	4	0	298,92	175,46	156,47	141,75	47,76	62,90	79,73	46,79	58,78	15,87	182,72	274,58	351,99
50	06-oct	2	1	692,57	961,34	564,83	57,94	130,55	140,87	380,66	144,49	86,69	434,62	369,81	354,65	640,27
51	08-oct	4	0	293,42	181,24	153,49	123,66	48,18	64,59	75,73	46,94	60,01	16,36	187,56	275,56	364,51
52	08-oct	4	0	293,42	181,24	153,49	123,66	48,18	64,59	75,73	46,94	60,01	16,36	187,56	275,56	364,51
53	13-oct	2	1	692,57	961,34	564,83	57,94	130,55	140,87	380,66	144,49	86,69	434,62	369,81	354,65	640,27
54	22-oct	4	0	293,42	181,24	153,49	123,66	48,18	64,59	75,73	46,94	60,01	16,36	187,56	275,56	364,51

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo O. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
55	05-nov	1	1	595,05	1235,06	763,96	93,52	163,79	173,51	511,87	215,23	102,66	516,92	475,94	408,92	711,39
56	05-nov	4	0	280,57	169,73	140,49	118,30	44,34	56,32	72,05	44,17	54,89	14,77	172,62	259,10	336,82
57	14-nov	2	1	820,77	1235,06	763,96	93,52	163,79	173,51	511,87	215,23	102,66	516,92	475,94	408,92	711,39
58	15-nov	4	0	280,57	169,73	140,49	118,30	44,34	56,32	72,05	44,17	54,89	14,77	172,62	259,10	336,82
59	17-nov	2	1	820,77	1235,06	763,96	93,52	163,79	173,51	511,87	215,23	102,66	516,92	475,94	408,92	711,39
60	17-nov	4	0	280,57	169,73	140,49	118,30	44,34	56,32	72,05	44,17	54,89	14,77	172,62	259,10	336,82
61	22-nov	2	1	820,77	1235,06	763,96	93,52	163,79	173,51	511,87	215,23	102,66	516,92	475,94	408,92	711,39
62	22-nov	4	0	280,57	169,73	140,49	118,30	44,34	56,32	72,05	44,17	54,89	14,77	172,62	259,10	336,82
63	09-dic	2	1	744,23	935,32	533,72	52,67	122,17	135,87	265,67	148,71	85,92	342,17	337,59	322,64	559,92
64	09-dic	4	0	314,08	190,92	159,83	133,95	48,42	63,78	82,86	47,52	61,96	16,84	191,26	277,77	351,66
65	11-dic	2	1	744,23	935,32	533,72	52,67	122,17	135,87	265,67	148,71	85,92	342,17	337,59	322,64	559,92
66	11-dic	4	0	314,08	190,92	159,83	133,95	48,42	63,78	82,86	47,52	61,96	16,84	191,26	277,77	351,66
67	17-dic	2	1	744,23	935,32	533,72	52,67	122,17	135,87	265,67	148,71	85,92	342,17	337,59	322,64	559,92
68	22-dic	4	0	314,08	190,92	159,83	133,95	48,42	63,78	82,86	47,52	61,96	16,84	191,26	277,77	351,66

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo P. RPM optimizadas del RR013.

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	02-ene	2	1	1100	900	1200	1000	1100	1100	800	1200	1200	1200	900	1100	1200
2	03-ene	4	0	1200	1200	1200	1100	1100	1200	1200	1200	1200	1200	900	1200	1000
3	13-ene	2	1	1100	1200	1100	1200	1200	1200	1200	1100	1100	1200	1200	1200	1200
4	15-ene	4	0	1200	1000	1200	1000	1000	1200	1200	1200	1100	1000	1200	1200	1200
5	28-ene	4	0	1100	1200	1100	1200	1200	1200	900	1200	1200	1200	1200	1200	1200
6	04-feb	4	0	800	800	1000	1200	1200	800	1100	900	1200	1200	1200	1200	1100
7	13-feb	2	1	700	1000	900	1100	900	1100	1100	800	1100	1100	1200	1200	1200
8	15-feb	4	0	1100	1100	1100	1000	1200	1000	1200	1000	1000	1200	1000	1200	1200
9	16-feb	2	1	1000	900	1100	1200	1200	800	1000	1000	1200	1200	1200	1200	1200
10	16-feb	4	0	900	1100	1200	1200	1200	1000	1200	1200	500	1100	1000	1200	1100
11	02-mar	4	0	1200	1000	1200	1200	1100	1200	1200	1200	1200	1100	900	1200	1200
12	07-mar	2	1	1200	1000	800	1100	1100	1000	800	1000	1100	1200	1200	1200	1000
13	07-mar	4	0	1200	1100	1100	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1100	1100
14	17-mar	4	0	1000	1200	1000	1200	1200	1200	1100	1100	1200	900	1200	1200	700
15	25-mar	2	1	1100	1200	1200	1100	900	1200	1200	1200	1000	1200	1200	1200	1200
16	26-mar	4	0	1100	1200	600	1200	1200	1200	900	1200	1100	1100	1200	1200	900
17	30-mar	2	1	1200	1200	700	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1000	900	1200
18	30-mar	4	0	900	1200	1000	800	1200	1100	1200	900	1200	1200	1200	1200	1000

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

Anexo P. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	09-abr	2	1	900	1200	1100	1100	1000	900	800	1200	1100	1200	1200	1000	1200
20	09-abr	4	0	1100	1200	1000	1000	900	1100	1200	900	1200	1200	1200	1000	1200
21	14-abr	2	1	1200	1100	1100	1200	1200	700	1200	1200	1100	1200	1200	1200	1200
22	14-abr	4	0	1100	1200	1200	1200	1200	1200	1000	1200	1200	1200	700	1000	700
23	03-may	4	0	1200	1000	1200	1100	1200	1000	1100	1200	1200	900	1200	1100	1200
24	04-may	2	1	1000	1200	1100	1200	1200	1200	1200	900	1100	1000	1200	1100	1100
25	06-may	2	1	1100	1000	1200	1100	1200	1200	1200	1200	1000	1200	1000	1200	1200
26	07-may	4	0	1000	1000	1200	1200	1200	1100	1100	1200	1200	900	1200	1000	1200
27	15-may	2	1	1100	900	1000	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
28	16-may	4	0	1200	1200	1200	1100	1200	1200	1200	900	1100	1200	1200	1200	900
29	19-may	4	0	1000	500	1200	800	1200	900	1200	1200	1100	1200	1200	1200	1100
30	29-may	2	1	900	1200	1200	1100	1000	1100	1000	1200	1200	1200	1100	1200	1100
31	01-jun	4	0	1200	1200	1100	1100	900	1200	1200	800	1200	1000	1100	1200	1100
32	03-jun	2	1	1200	1200	900	900	1100	1200	1200	1200	1000	1200	1100	700	1200
33	06-jun	4	0	1000	700	1000	1200	1000	1100	1200	700	1200	1200	1200	1200	1200
34	12-jun	2	1	1000	1200	1200	1200	1200	1100	1200	1100	1000	800	1200	800	1200
35	13-jun	4	0	1100	1200	1100	1200	1100	1200	1100	900	1200	1200	1000	1200	1200
36	26-jun	2	1	700	1200	1200	1200	1200	1200	1200	800	1200	1100	1200	1200	1200

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.



Anexo P. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
37	26-jun	2	1	1200	1200	1200	1100	1200	1100	900	1100	1200	1200	900	1000	800
38	27-jun	4	0	1200	1200	900	1200	1200	1200	900	1000	1200	1200	1200	1200	1000
39	27-jun	4	0	1100	700	1000	1100	1200	1200	1200	1200	1100	1000	1200	1100	1000
40	03-jul	4	0	1200	1200	1200	1200	1200	800	1200	1200	1200	1200	1000	1200	1200
41	10-jul	2	1	900	1200	1200	1200	1000	800	1200	1200	1200	1200	1200	1100	1200
42	11-jul	4	0	1200	1200	1200	1200	1000	1200	1200	1100	1200	1200	1200	1000	1200
43	18-jul	2	1	1200	1200	1200	1200	900	1200	1200	1200	700	1200	1100	1200	1100
44	19-jul	4	0	1200	1200	1200	1100	1200	1100	1200	1200	1200	1000	1000	1200	1100
45	24-jul	2	1	1100	1100	1200	900	1000	1200	1200	1200	700	1200	900	1200	1200
46	27-jul	4	0	1200	600	1100	800	1200	1200	1200	1100	1100	1100	1200	1000	1200
47	11-ago	2	1	1100	900	1100	1200	1000	700	1200	1000	1200	900	1100	1200	1000
48	11-ago	4	0	1200	1000	1100	800	1200	600	1200	1200	1200	1200	1200	1200	900
49	24-ago	2	1	1000	900	1100	1200	1000	1100	1100	1200	800	800	1100	1200	1200
50	24-ago	2	1	900	1100	1100	1200	1100	1100	1100	1100	1100	1200	1200	1200	1200
51	24-ago	4	0	1100	800	1200	500	500	1200	1100	1200	1200	1200	1200	1100	1200
52	25-ago	4	0	900	800	1200	1200	1100	1100	1200	1100	1100	1200	1100	1200	800
53	07-sep	2	1	1000	1200	1200	1200	800	1200	1200	1200	1100	1200	1200	1200	1000
54	11-sep	4	0	1200	1200	1100	1200	1200	800	1200	900	1200	1200	1200	1200	1200

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

Anexo P. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
55	11-sep	4	0	1200	1200	1200	1000	1100	1000	1000	1200	1100	1200	500	800	1200
56	27-sep	4	0	1100	1200	1000	1000	900	1200	1100	1000	1100	500	800	1200	1200
57	29-sep	2	1	1200	1200	1200	1000	1100	1200	1200	1100	1100	1200	1200	1200	1100
58	01-oct	4	0	1000	1200	1200	900	1100	1200	1200	1200	1200	1200	1100	1200	1200
59	16-oct	2	1	1200	1200	1200	1100	1200	1100	1100	1200	1200	1200	1100	1100	1000
60	18-oct	4	0	1200	1200	1100	1100	1200	500	1200	1200	1000	1200	1200	1200	900
61	28-oct	1	1	800	1200	1100	1000	1200	1100	1000	1100	1200	1200	900	800	1000
62	29-oct	4	0	800	1000	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1100	1100	1000	1200	1200
63	07-nov	4	0	1200	800	1200	1200	1200	1200	1100	1100	1000	1000	1200	1200	1200
64	18-nov	2	1	1200	1200	1100	1200	1200	1200	1100	1200	900	1100	1100	1200	1200
65	19-nov	4	0	1100	1100	1100	1200	1200	900	1200	1000	1200	1200	1100	1200	1100
66	23-nov	2	1	1200	1200	1200	1200	600	1200	1100	1200	1200	1000	1200	1200	1200
67	24-nov	4	0	1100	900	1200	1100	1200	1100	1200	1100	1200	1200	1200	1100	500
68	16-dic	2	1	800	1200	1200	1200	1200	1100	1200	800	1200	1200	1200	1200	1100
69	16-dic	4	0	1000	1200	1200	1100	1200	1200	1200	1000	1100	900	1200	900	1200
70	18-dic	2	1	1200	1200	1100	1200	700	1100	1200	1000	1200	800	1000	600	700
71	20-dic	4	0	1000	1200	1200	1000	1200	800	1200	1200	1000	1100	1000	1000	900

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

Anexo Q. Tiempos optimizados del RR013.

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	02-ene	2	1	11,30	28,45	5,95	1,28	1,66	1,67	3,63	1,66	0,85	2,70	5,67	4,07	5,51
2	03-ene	4	0	2,86	1,64	1,46	1,44	0,47	0,56	0,88	0,43	0,53	0,14	2,01	2,49	3,30
3	13-ene	2	1	11,30	10,25	7,33	0,68	1,41	1,38	1,79	1,99	0,97	2,70	3,34	3,53	5,51
4	15-ene	4	0	2,86	1,87	1,46	1,54	0,50	0,56	0,88	0,43	0,56	0,16	1,69	2,49	2,93
5	28-ene	4	0	3,05	1,64	1,55	1,35	0,44	0,56	1,08	0,43	0,53	0,14	1,69	2,49	2,93
6	04-feb	4	0	3,76	2,14	1,66	1,39	0,45	0,75	0,91	0,54	0,56	0,16	1,77	2,69	3,54
7	13-feb	2	1	18,72	11,60	9,97	0,60	2,05	1,49	2,22	3,78	0,94	2,91	3,31	3,62	5,64
8	15-feb	4	0	3,01	1,73	1,55	1,59	0,45	0,65	0,85	0,50	0,64	0,16	2,00	2,69	3,32
9	16-feb	2	1	9,14	15,29	6,11	0,49	1,23	3,46	2,63	2,15	0,83	2,56	3,31	3,62	5,64
10	16-feb	4	0	3,47	1,73	1,46	1,39	0,45	0,65	0,85	0,45	0,97	0,17	2,00	2,69	3,54
11	02-mar	4	0	2,62	1,73	1,39	1,30	0,47	0,57	0,82	0,45	0,57	0,17	2,19	2,66	3,47
12	07-mar	2	1	6,26	12,12	12,34	0,55	1,37	1,82	5,33	2,28	0,97	2,93	3,72	4,20	9,44
13	07-mar	4	0	2,62	1,62	1,48	1,30	0,44	0,57	0,82	0,45	0,57	0,16	1,81	2,82	3,71
14	17-mar	4	0	2,97	1,53	1,57	1,30	0,44	0,57	0,87	0,47	0,57	0,19	1,81	2,66	5,13
15	25-mar	2	1	7,09	8,06	4,82	0,55	1,94	1,24	2,13	1,57	1,12	2,93	3,72	4,20	6,66
16	26-mar	4	0	2,78	1,53	2,12	1,30	0,44	0,57	0,99	0,45	0,60	0,17	1,81	2,66	4,31
17	30-mar	2	1	6,26	8,06	20,25	0,46	1,19	1,24	2,13	1,57	0,85	2,93	5,37	7,89	6,66
18	30-mar	4	0	3,17	1,53	1,57	1,71	0,44	0,60	0,82	0,54	0,57	0,16	1,81	2,66	3,98

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

Anexo Q. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	09-abr	2	1	11,25	9,29	6,93	0,74	1,94	3,01	13,23	2,19	1,11	3,02	4,74	6,29	6,81
20	09-abr	4	0	2,76	1,52	1,44	1,45	0,51	0,54	0,75	0,51	0,53	0,15	1,71	2,86	3,30
21	14-abr	2	1	6,90	11,51	6,93	0,59	1,37	12,69	2,79	2,19	1,11	3,02	4,74	4,29	6,81
22	14-abr	4	0	2,76	1,52	1,29	1,28	0,41	0,52	0,84	0,43	0,53	0,15	2,35	2,86	4,77
23	03-may	4	0	2,69	1,74	1,32	1,17	0,42	0,59	0,80	0,43	0,53	0,17	1,68	2,64	3,19
24	04-may	2	1	10,29	10,00	7,60	0,65	1,42	1,43	2,63	5,16	1,09	8,28	4,40	4,83	7,27
25	06-may	2	1	8,63	17,13	6,13	0,83	1,42	1,43	2,63	2,03	1,29	4,69	6,89	4,10	6,26
26	07-may	4	0	3,05	1,74	1,32	1,11	0,42	0,55	0,80	0,43	0,53	0,17	1,68	2,79	3,19
27	15-may	2	1	8,63	26,63	10,01	0,65	1,42	1,43	2,63	2,03	0,94	4,69	4,40	4,10	6,26
28	16-may	4	0	2,69	1,54	1,32	1,17	0,42	0,53	0,76	0,51	0,56	0,15	1,68	2,50	3,88
29	19-may	4	0	3,05	2,58	1,32	1,40	0,42	0,62	0,76	0,43	0,56	0,15	1,68	2,50	3,39
30	29-may	2	1	12,73	10,00	6,13	0,83	2,05	1,75	4,18	2,03	0,94	4,69	5,37	4,10	7,27
31	01-jun	4	0	2,84	1,59	1,45	1,22	0,53	0,55	0,81	0,56	0,53	0,16	1,78	2,51	3,40
32	03-jun	2	1	7,39	9,84	13,99	1,85	1,61	1,34	2,20	1,69	1,19	4,08	4,66	12,80	5,55
33	06-jun	4	0	3,25	2,26	1,54	1,15	0,49	0,59	0,81	0,60	0,53	0,15	1,69	2,51	3,20
34	12-jun	2	1	10,21	9,84	6,01	0,63	1,37	1,62	2,20	2,03	1,19	16,70	3,91	8,67	5,55
35	13-jun	4	0	3,04	1,59	1,45	1,15	0,46	0,55	0,86	0,52	0,53	0,15	1,89	2,51	3,20
36	26-jun	2	1	23,82	9,84	6,01	0,63	1,37	1,34	2,20	5,19	0,89	5,03	3,91	3,79	5,55

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo Q. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
37	26-jun	2	1	7,39	9,84	6,01	0,81	1,37	1,62	4,12	2,03	0,89	4,08	7,56	5,27	10,93
38	27-jun	4	0	2,84	1,59	1,65	1,15	0,43	0,55	0,97	0,49	0,53	0,15	1,69	2,51	3,63
39	27-jun	4	0	3,04	2,26	1,54	1,22	0,43	0,55	0,81	0,44	0,57	0,16	1,69	2,65	3,63
40	03-jul	4	0	3,01	1,68	1,46	1,27	0,44	0,76	0,83	0,45	0,55	0,15	1,93	2,53	3,24
41	10-jul	2	1	11,95	9,53	5,57	0,57	1,75	3,48	2,04	1,48	0,83	3,07	3,31	3,83	5,02
42	11-jul	4	0	3,01	1,68	1,46	1,27	0,51	0,58	0,83	0,47	0,55	0,15	1,72	2,83	3,24
43	18-jul	2	1	7,16	9,53	5,57	0,57	2,17	1,26	2,04	1,48	2,09	3,07	3,84	3,35	5,64
44	19-jul	4	0	3,01	1,68	1,46	1,35	0,44	0,62	0,83	0,45	0,55	0,17	1,93	2,53	3,45
45	24-jul	2	1	8,26	11,89	5,57	1,39	1,75	1,26	2,04	1,48	2,09	3,07	5,60	3,35	5,02
46	27-jul	4	0	3,01	2,70	1,55	1,66	0,44	0,58	0,83	0,47	0,59	0,16	1,72	2,83	3,24
47	11-ago	2	1	7,32	16,18	5,98	0,51	1,59	4,63	1,89	1,84	0,78	3,84	3,62	3,32	6,66
48	11-ago	4	0	2,97	1,94	1,59	1,90	0,46	0,95	0,86	0,46	0,57	0,16	1,78	2,66	4,22
49	24-ago	2	1	8,48	16,18	5,98	0,51	1,59	1,38	2,19	1,35	1,41	4,67	3,62	3,32	5,14
50	24-ago	2	1	10,08	9,67	5,98	0,51	1,36	1,38	2,19	1,55	0,88	2,50	3,15	3,32	5,14
51	24-ago	4	0	3,17	2,26	1,49	2,58	0,86	0,60	0,91	0,46	0,57	0,16	1,78	2,82	3,42
52	25-ago	4	0	3,69	2,26	1,49	1,40	0,49	0,64	0,86	0,48	0,61	0,16	1,89	2,66	4,59
53	07-sep	2	1	8,52	7,78	4,96	0,50	2,39	1,17	2,39	1,31	0,88	2,61	3,05	3,29	7,05
54	11-sep	4	0	2,89	1,70	1,62	1,37	0,46	0,81	0,78	0,55	0,57	0,16	1,79	2,70	3,41

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

Anexo Q. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
55	11-sep	4	0	2,89	1,70	1,52	1,57	0,49	0,70	0,88	0,46	0,61	0,16	2,97	3,48	3,41
56	27-sep	4	0	3,09	1,70	1,74	1,57	0,57	0,61	0,83	0,52	0,61	0,25	2,32	2,70	3,41
57	29-sep	2	1	6,46	7,78	4,96	0,78	1,35	1,17	2,39	1,51	0,88	2,61	3,05	3,29	6,10
58	01-oct	4	0	3,26	1,75	1,49	1,46	0,50	0,63	0,75	0,46	0,58	0,16	1,95	2,70	3,52
59	16-oct	2	1	6,11	7,70	4,65	0,55	1,13	1,36	3,50	1,25	0,77	3,48	3,63	3,52	7,35
60	18-oct	4	0	2,85	1,75	1,59	1,29	0,46	1,12	0,75	0,46	0,67	0,16	1,84	2,70	4,38
61	28-oct	1	1	8,14	7,70	5,46	0,68	1,13	1,36	4,64	1,43	0,77	3,48	5,17	5,80	7,35
62	29-oct	4	0	3,81	2,01	1,49	1,21	0,46	0,63	0,75	0,46	0,62	0,17	2,08	2,70	3,52
63	07-nov	4	0	2,73	2,19	1,38	1,17	0,43	0,55	0,75	0,46	0,61	0,16	1,70	2,56	3,28
64	18-nov	2	1	7,00	9,22	7,12	0,64	1,35	1,36	4,47	1,69	1,42	4,83	4,55	3,49	6,03
65	19-nov	4	0	2,91	1,76	1,46	1,17	0,43	0,66	0,71	0,49	0,54	0,15	1,80	2,56	3,49
66	23-nov	2	1	7,00	9,22	5,81	0,64	11,22	1,36	4,47	1,69	0,88	6,21	3,84	3,49	6,03
67	24-nov	4	0	2,91	2,02	1,38	1,23	0,43	0,59	0,71	0,46	0,54	0,15	1,70	2,70	5,73
68	16-dic	2	1	12,53	7,55	4,46	0,43	1,07	1,32	2,16	2,60	0,76	2,90	2,94	2,88	5,59
69	16-dic	4	0	3,49	1,83	1,55	1,39	0,47	0,62	0,81	0,53	0,64	0,20	1,87	3,28	3,41
70	18-dic	2	1	6,47	7,55	5,19	0,43	2,56	1,32	2,16	1,71	0,76	6,25	3,87	8,07	11,08
71	20-dic	4	0	3,49	1,83	1,55	1,48	0,47	0,82	0,81	0,46	0,69	0,18	2,12	3,07	4,21

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.

Anexo R. Consumo de combustible optimizado del RR013.

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	02-ene	2	1	1416,99	2919,39	813,78	145,70	208,21	209,09	331,22	227,18	116,17	369,37	581,64	510,32	753,62
2	03-ene	4	0	390,80	224,68	199,30	180,58	58,80	76,25	120,44	59,18	72,34	19,82	206,61	340,43	375,75
3	13-ene	2	1	1416,99	1402,04	919,00	92,37	192,49	188,34	245,34	249,64	121,32	369,37	456,52	483,59	753,62
4	15-ene	4	0	390,80	213,26	199,30	175,89	57,33	76,25	120,44	59,18	70,34	18,38	231,26	340,43	401,50
5	28-ene	4	0	382,43	224,68	194,32	184,69	60,09	76,25	111,02	59,18	72,34	19,82	231,26	340,43	401,50
6	04-feb	4	0	343,38	195,21	189,35	189,80	60,98	68,42	113,76	55,08	76,49	21,51	242,39	368,13	443,90
7	13-feb	2	1	1494,00	1322,57	1022,93	74,93	210,21	187,46	278,65	344,84	117,53	364,51	453,21	495,74	771,18
8	15-feb	4	0	377,66	216,71	194,98	181,48	60,98	74,38	116,64	57,30	72,53	21,51	227,51	368,13	454,25
9	16-feb	2	1	1042,06	1569,12	766,49	67,63	168,20	315,37	300,43	245,60	112,98	350,48	453,21	495,74	771,18
10	16-feb	4	0	356,57	216,71	199,94	189,80	60,98	74,38	116,64	61,00	55,36	20,86	227,51	368,13	443,90
11	02-mar	4	0	358,72	196,78	190,63	177,58	58,78	77,83	111,79	61,23	77,66	21,35	224,48	364,50	474,64
12	07-mar	2	1	856,82	1381,87	1125,54	69,22	171,34	206,97	486,31	259,76	121,39	401,49	509,63	574,47	1076,26
13	07-mar	4	0	358,72	203,42	185,35	177,58	60,08	77,83	111,79	61,23	77,66	21,99	247,83	353,74	465,21
14	17-mar	4	0	338,22	209,29	179,40	177,58	60,08	77,83	108,75	59,50	77,66	19,83	247,83	364,50	409,42
15	25-mar	2	1	889,37	1102,20	658,85	69,22	199,20	170,15	291,20	214,23	128,22	401,49	509,63	574,47	910,66
16	26-mar	4	0	349,10	209,29	145,19	177,58	60,08	77,83	101,38	61,23	75,86	21,35	247,83	364,50	441,80
17	30-mar	2	1	856,82	1102,20	1616,16	63,30	162,80	170,15	291,20	214,23	116,23	401,49	612,06	810,02	910,66
18	30-mar	4	0	325,81	209,29	179,40	155,85	60,08	75,64	111,79	55,33	77,66	21,99	247,83	364,50	454,37

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

## Anexo R. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	09-abr	2	1	1155,03	1270,75	869,69	93,06	221,33	309,09	1206,70	300,18	139,34	413,48	649,18	717,59	932,04
20	09-abr	4	0	345,78	207,72	164,46	165,79	51,86	68,13	102,42	52,71	73,16	20,46	234,33	325,58	451,39
21	14-abr	2	1	944,66	1443,98	869,69	80,62	186,92	1013,13	382,31	300,18	139,34	413,48	649,18	586,67	932,04
22	14-abr	4	0	345,78	207,72	176,44	175,33	56,76	70,50	95,44	58,80	73,16	20,46	187,53	325,58	380,44
23	03-may	4	0	367,83	198,82	180,30	147,28	57,17	66,94	100,93	58,49	72,10	17,73	229,36	331,19	436,57
24	04-may	2	1	1172,76	1368,32	953,40	88,30	194,20	195,62	359,62	529,09	136,71	943,88	601,73	606,03	911,86
25	06-may	2	1	1082,27	1953,46	838,33	104,50	194,20	195,62	359,62	277,23	147,41	641,15	785,28	560,48	856,76
26	07-may	4	0	347,97	198,82	180,30	152,39	57,17	69,55	100,93	58,49	72,10	17,73	229,36	318,59	436,57
27	15-may	2	1	1082,27	2732,43	1141,39	88,30	194,20	195,62	359,62	277,23	128,91	641,15	601,73	560,48	856,76
28	16-may	4	0	367,83	211,21	180,30	147,28	57,17	71,89	104,18	52,37	70,10	20,02	229,36	342,48	398,66
29	19-may	4	0	347,97	147,06	180,30	127,99	57,17	63,99	104,18	58,49	70,10	20,02	229,36	342,48	425,54
30	29-may	2	1	1306,26	1368,32	838,33	104,50	233,80	218,95	476,43	277,23	128,91	641,15	673,26	560,48	911,86
31	01-jun	4	0	389,15	217,88	181,87	152,98	54,12	75,82	110,38	51,02	73,08	18,70	223,30	343,91	426,62
32	03-jun	2	1	1011,27	1345,91	1435,73	189,37	201,76	183,79	301,26	231,10	135,95	558,24	584,95	1021,61	759,80
33	06-jun	4	0	371,05	180,51	175,81	157,96	55,89	73,57	110,38	48,05	73,08	20,14	230,61	343,91	437,62
34	12-jun	2	1	1163,83	1345,91	822,03	86,05	187,41	202,99	301,26	254,82	135,95	1523,18	535,49	791,20	759,80
35	13-jun	4	0	380,71	217,88	181,87	157,96	57,42	75,82	107,29	53,60	73,08	20,14	215,13	343,91	437,62
36	26-jun	2	1	1901,45	1345,91	822,03	86,05	187,41	183,79	301,26	473,55	121,45	630,91	535,49	518,39	759,80

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

**Fuente:** Propia.



Anexo R. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
37	26-jun	2	1	1011,27	1345,91	822,03	101,10	187,41	202,99	423,24	254,82	121,45	558,24	776,06	601,32	997,25
38	27-jun	4	0	389,15	217,88	168,93	157,96	58,77	75,82	99,84	55,87	73,08	20,14	230,61	343,91	414,12
39	27-jun	4	0	380,71	180,51	175,81	152,98	58,77	75,82	110,38	59,64	71,11	18,70	230,61	332,65	414,12
40	03-jul	4	0	411,75	230,49	199,88	174,09	60,64	68,92	113,75	60,96	75,37	20,67	220,57	346,73	443,86
41	10-jul	2	1	1226,00	1304,37	762,12	77,50	200,00	317,22	278,74	203,09	114,19	420,54	453,48	480,30	686,26
42	11-jul	4	0	411,75	230,49	199,88	174,09	57,92	79,41	113,75	59,22	75,37	20,67	235,81	323,02	443,86
43	18-jul	2	1	979,44	1304,37	762,12	77,50	222,28	172,33	278,74	203,09	166,79	420,54	481,24	458,68	707,70
44	19-jul	4	0	411,75	230,49	199,88	169,58	60,64	77,27	113,75	60,96	75,37	19,26	220,57	346,73	433,09
45	24-jul	2	1	1036,28	1491,63	762,12	143,05	200,00	172,33	278,74	203,09	166,79	420,54	575,09	458,68	686,26
46	27-jul	4	0	411,75	184,58	194,93	151,85	60,64	79,41	113,75	59,22	73,48	20,00	235,81	323,02	443,86
47	11-ago	2	1	918,55	1660,73	749,73	70,44	181,72	369,37	259,19	209,72	106,51	394,19	454,49	454,66	758,88
48	11-ago	4	0	405,86	220,69	199,69	173,14	63,05	64,90	117,36	62,49	77,83	21,24	243,97	364,59	433,44
49	24-ago	2	1	967,26	1660,73	749,73	70,44	181,72	173,59	274,26	184,05	128,68	426,20	454,49	454,66	703,27
50	24-ago	2	1	1034,31	1212,79	749,73	70,44	170,44	173,59	274,26	194,89	109,95	342,72	431,54	454,66	703,27
51	24-ago	4	0	398,21	206,22	204,46	146,96	49,04	82,76	114,51	62,49	77,83	21,24	243,97	353,83	467,38
52	25-ago	4	0	379,14	206,22	204,46	192,16	61,90	80,74	117,36	60,80	76,03	21,24	237,02	364,59	418,25
53	07-sep	2	1	971,36	1064,14	678,15	68,95	218,32	160,07	327,25	179,34	110,08	357,07	417,13	449,96	804,21
54	11-sep	4	0	395,92	232,76	203,23	187,92	63,01	73,90	107,26	56,88	78,15	21,38	245,20	368,87	466,58

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

Fuente: Propia.

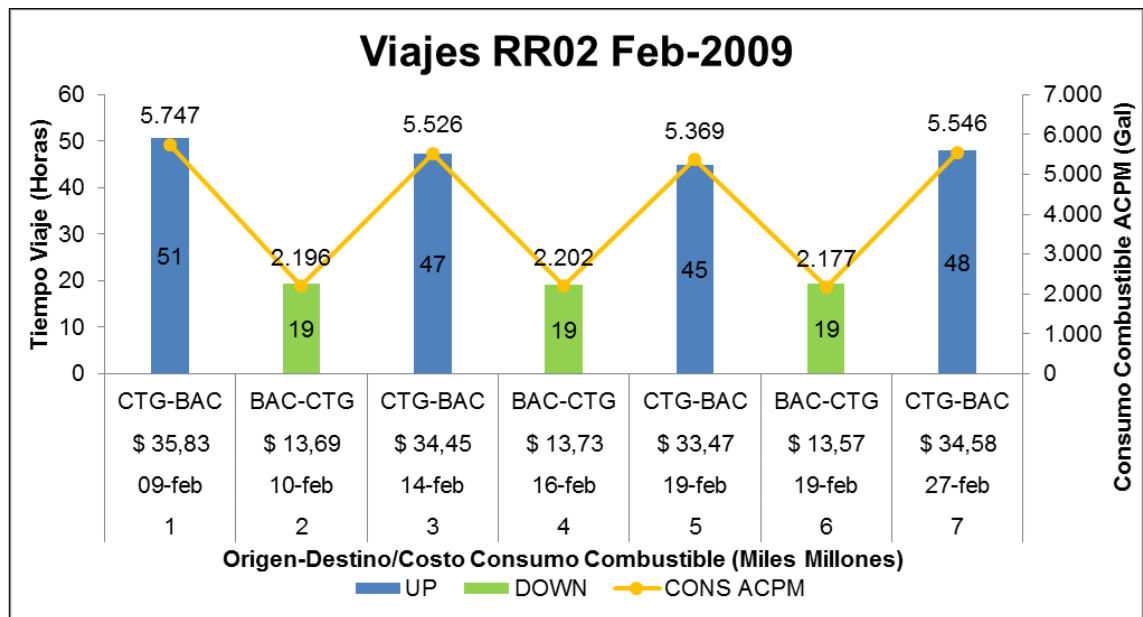
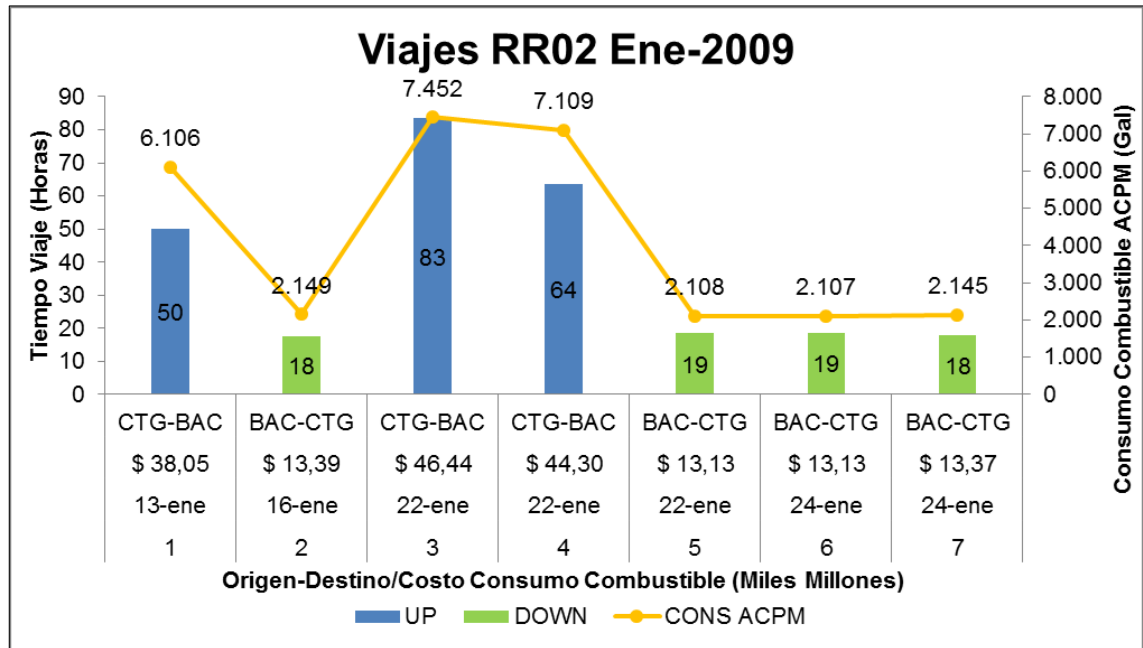
## Anexo R. (Continuación)

V	FECHA 2009	R	C	SECTOR												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
55	11-sep	4	0	395,92	232,76	207,87	179,42	61,86	79,51	100,50	62,65	76,37	21,38	169,47	317,08	466,58
56	27-sep	4	0	387,78	232,76	197,94	179,42	58,99	83,75	104,08	59,06	76,37	14,42	211,45	368,87	466,58
57	29-sep	2	1	884,38	1064,14	678,15	88,69	168,78	160,07	327,25	189,15	110,08	357,07	417,13	449,96	765,08
58	01-oct	4	0	371,29	239,62	204,30	149,84	62,38	85,78	102,33	62,83	79,62	21,98	244,36	370,07	481,43
59	16-oct	2	1	835,55	1054,28	636,85	69,28	154,81	170,80	438,45	170,70	105,25	475,93	455,39	442,00	838,56
60	18-oct	4	0	389,37	239,62	199,51	161,32	63,50	63,62	102,33	62,83	75,93	21,98	251,09	370,07	449,67
61	28-oct	1	1	742,26	1054,28	684,66	78,04	154,81	170,80	529,14	178,74	105,25	475,93	531,07	529,49	838,56
62	29-oct	4	0	347,11	229,57	204,30	166,09	63,50	85,78	102,33	62,83	77,90	21,35	236,75	370,07	481,43
63	07-nov	4	0	373,97	199,59	188,56	159,52	58,95	75,76	94,38	57,67	69,28	18,59	232,81	349,85	448,44
64	18-nov	2	1	957,83	1262,08	893,21	88,21	184,97	185,61	560,83	231,62	146,22	605,23	571,32	478,00	825,22
65	19-nov	4	0	364,90	220,61	183,22	159,52	58,95	68,12	97,76	55,67	73,46	20,02	225,56	349,85	437,86
66	23-nov	2	1	957,83	1262,08	795,15	88,21	767,37	185,61	560,83	231,62	120,69	708,51	524,99	478,00	825,22
67	24-nov	4	0	364,90	207,65	188,56	154,57	58,95	73,52	97,76	57,67	73,46	20,02	232,81	338,72	326,79
68	16-dic	2	1	1143,02	1032,93	609,70	58,98	146,73	165,35	296,14	237,60	104,48	396,46	401,91	394,47	701,08
69	16-dic	4	0	398,23	251,03	211,87	174,23	63,78	84,81	111,08	60,00	80,33	20,45	255,58	336,89	466,19
70	18-dic	2	1	885,81	1032,93	650,68	58,98	204,47	165,35	296,14	195,36	104,48	570,46	441,51	552,26	884,01
71	20-dic	4	0	398,23	251,03	211,87	169,28	63,78	75,15	111,08	63,54	78,48	21,94	241,55	350,38	432,08

V: Viaje número. R: Ruta. C: Corriente.

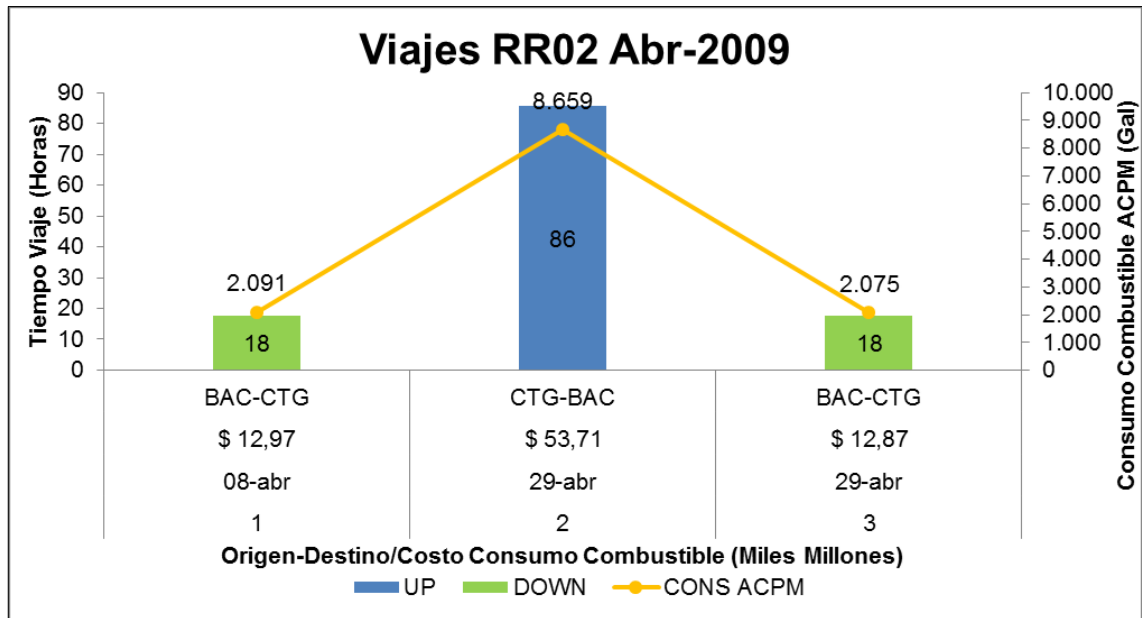
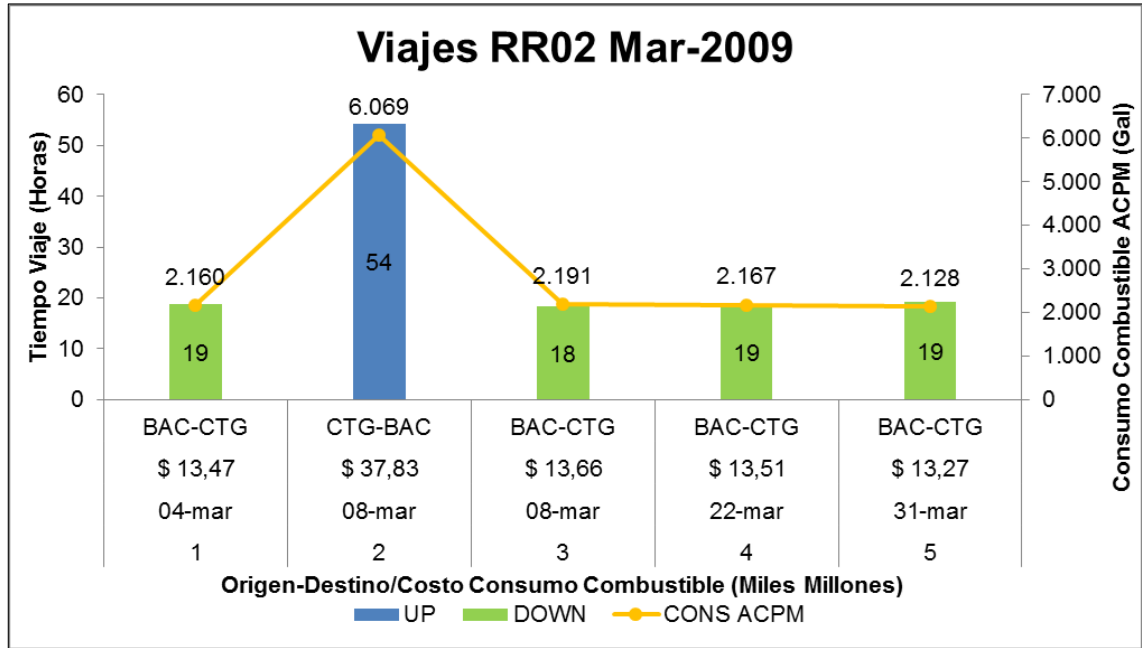
Fuente: Propia.

Anexo S. Viajes mensuales 2009 RR02.



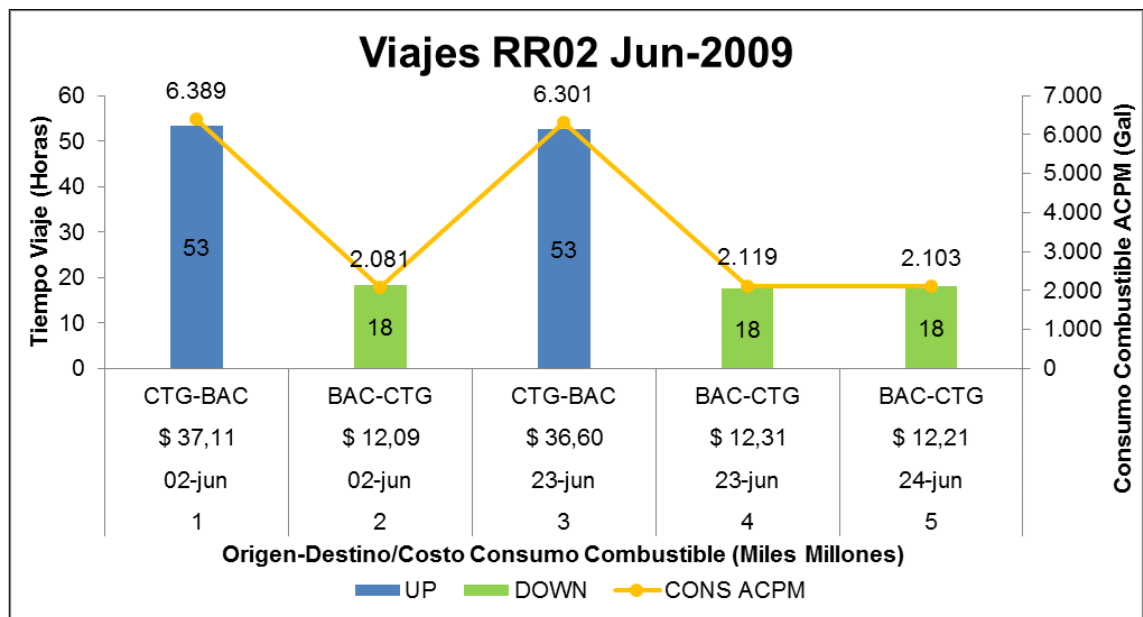
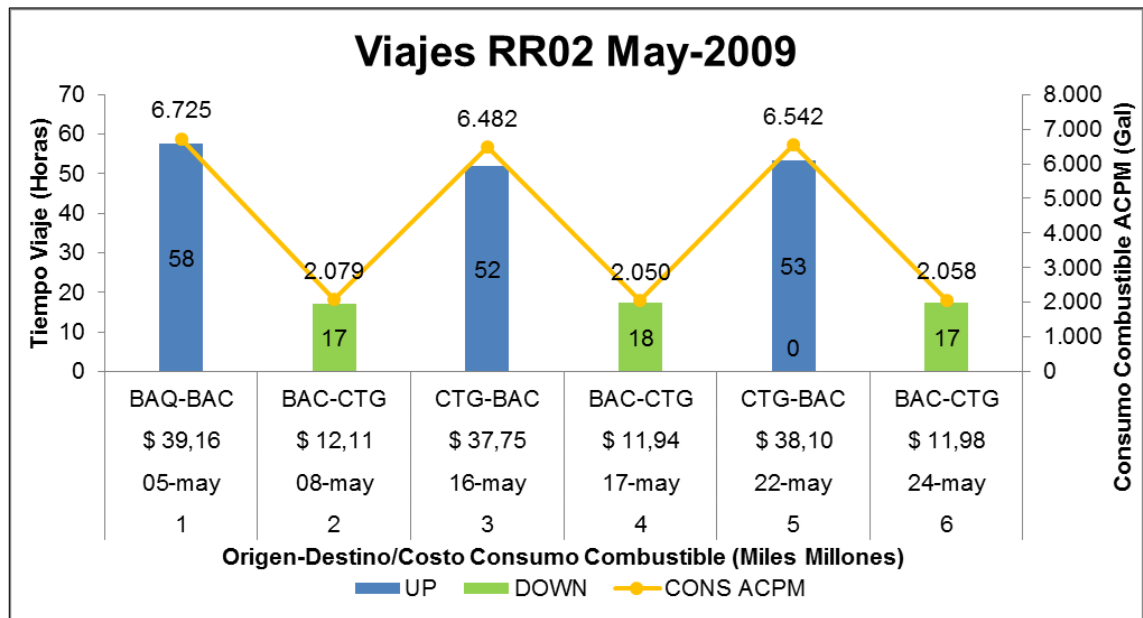
Fuente: Propia.

Anexo S. (Continuación)



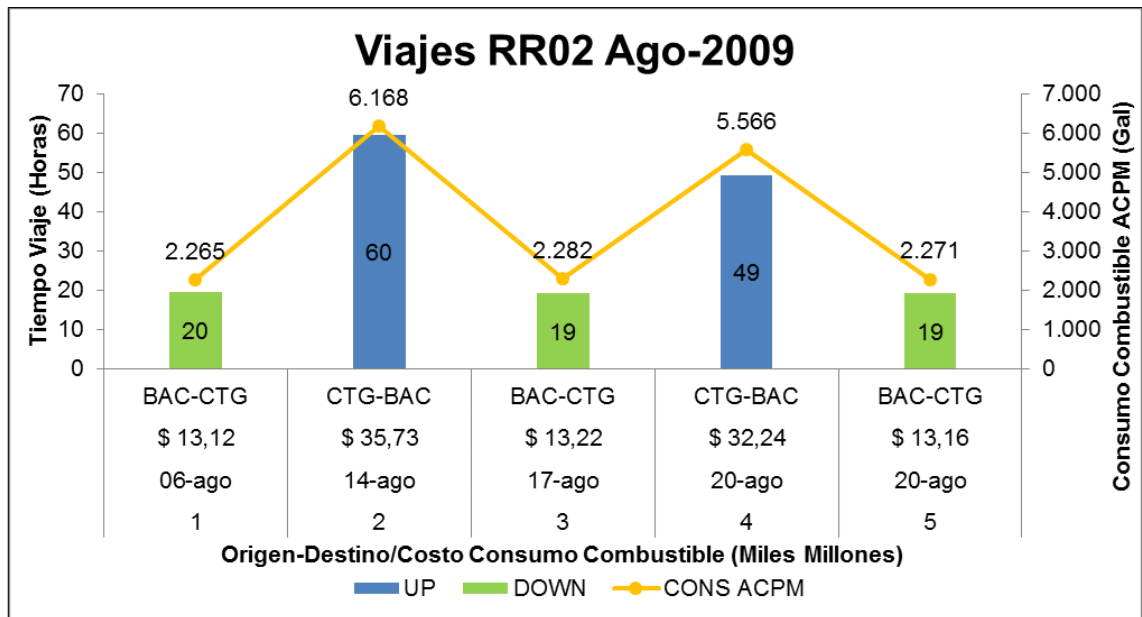
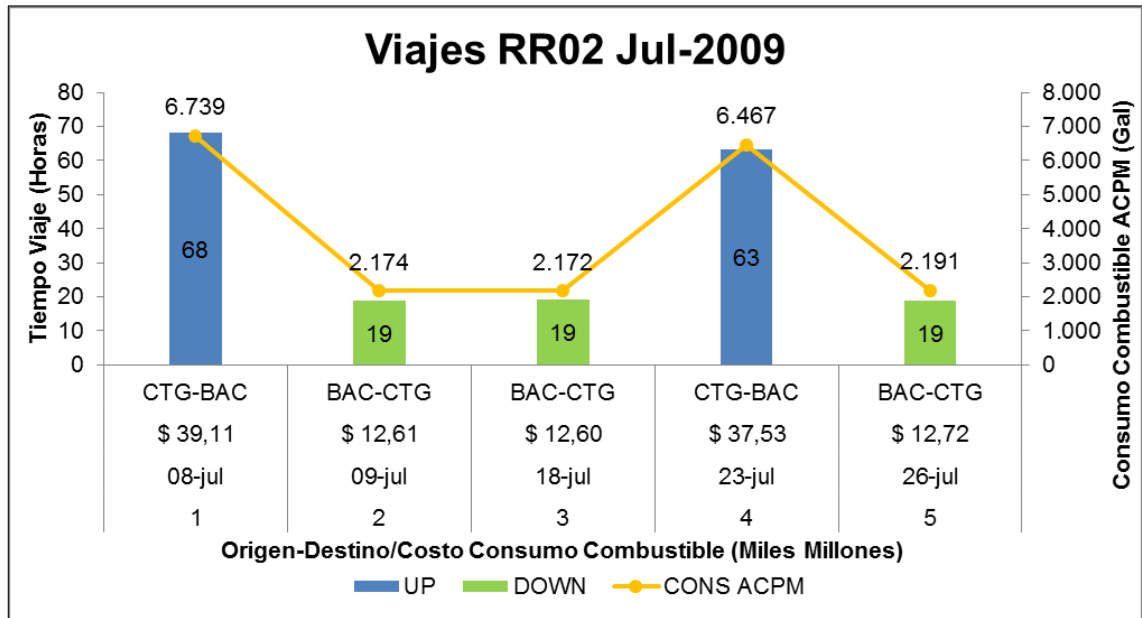
Fuente: Propia.

Anexo S. (Continuación)



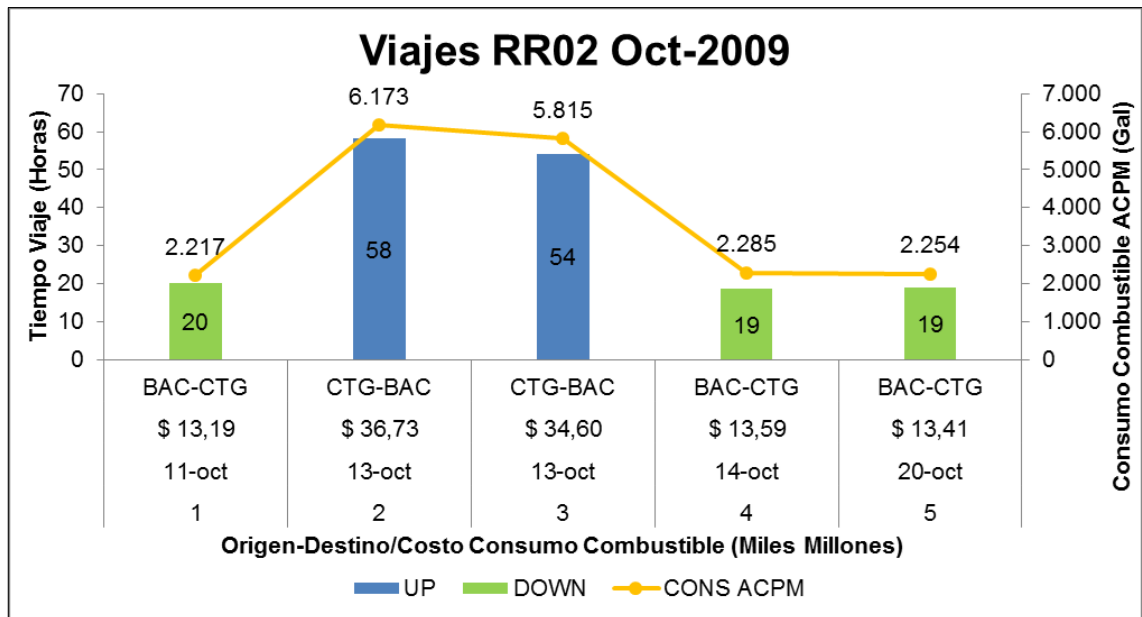
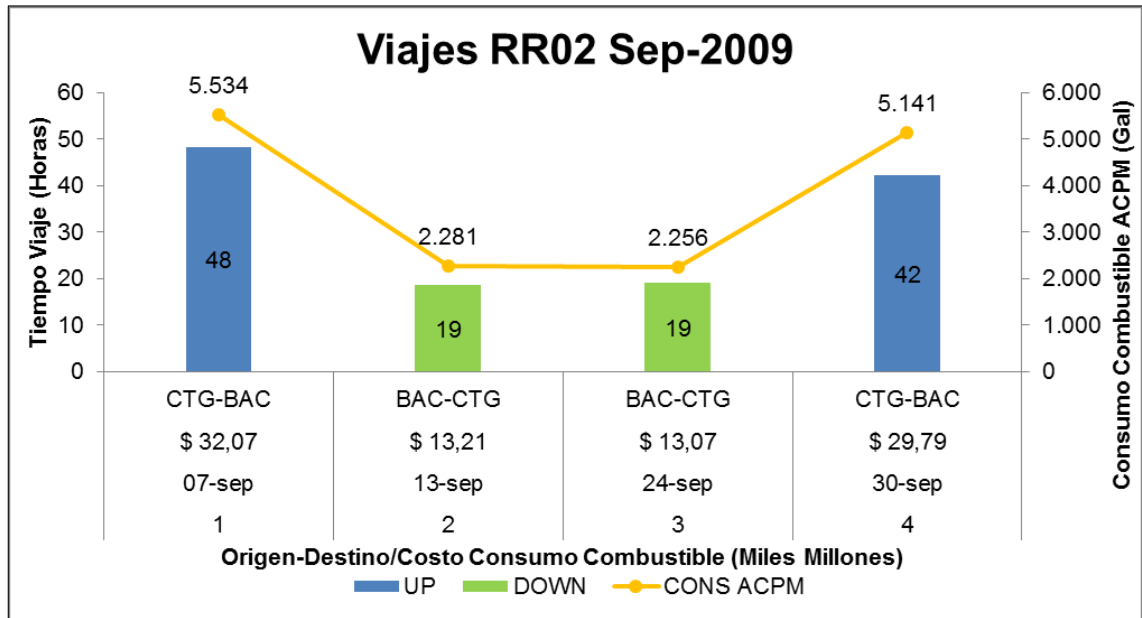
Fuente: Propia.

Anexo S. (Continuación)



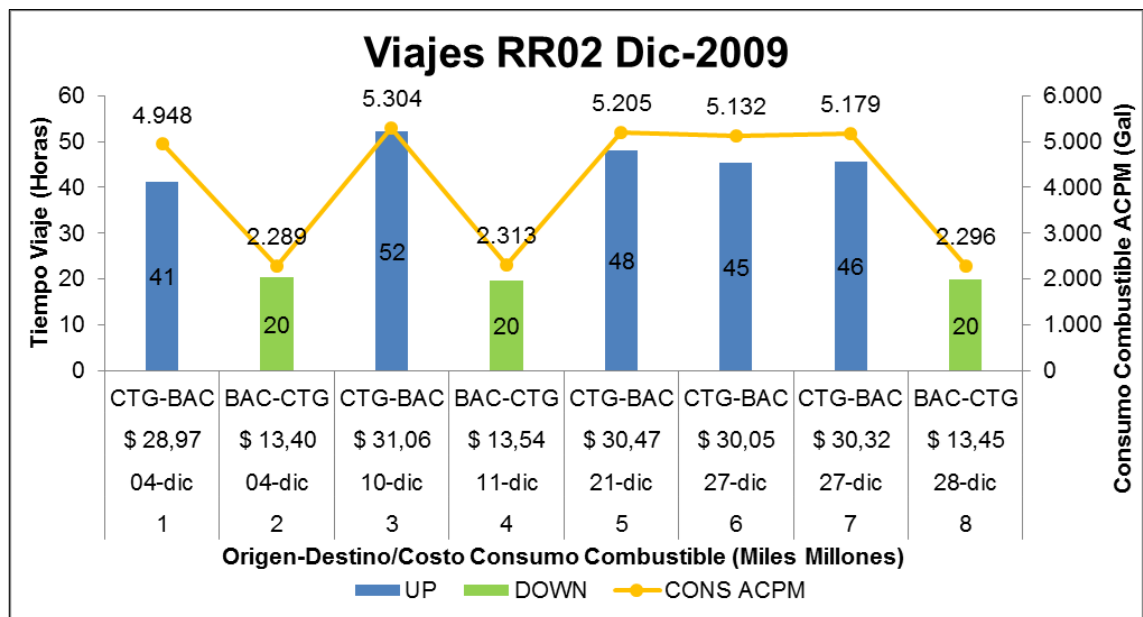
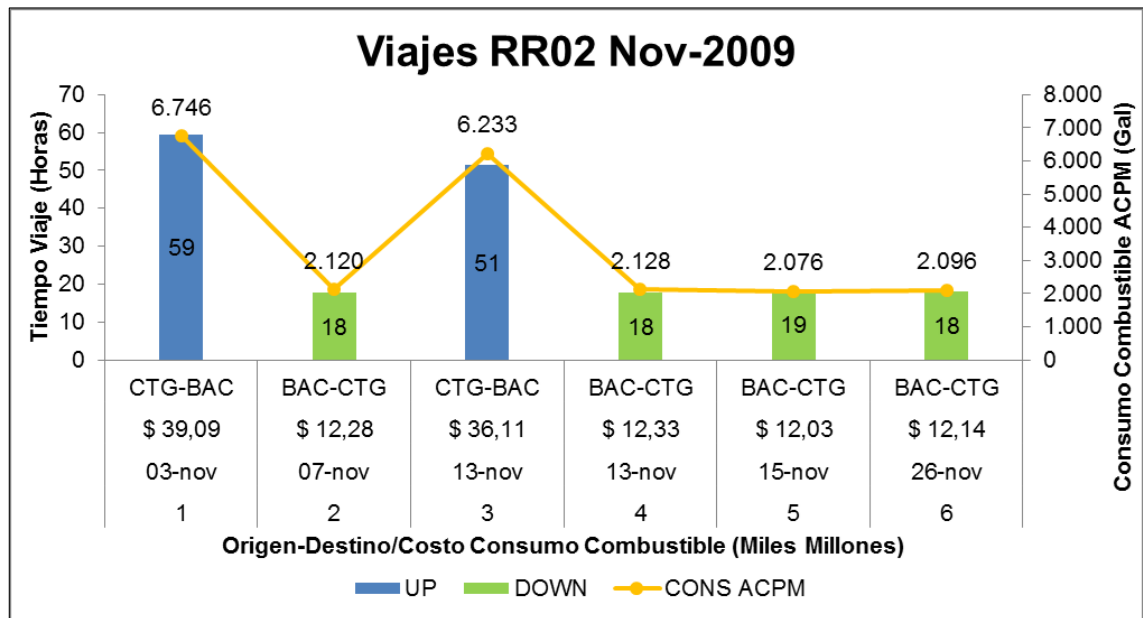
Fuente: Propia.

Anexo S. (Continuación)



Fuente: Propia.

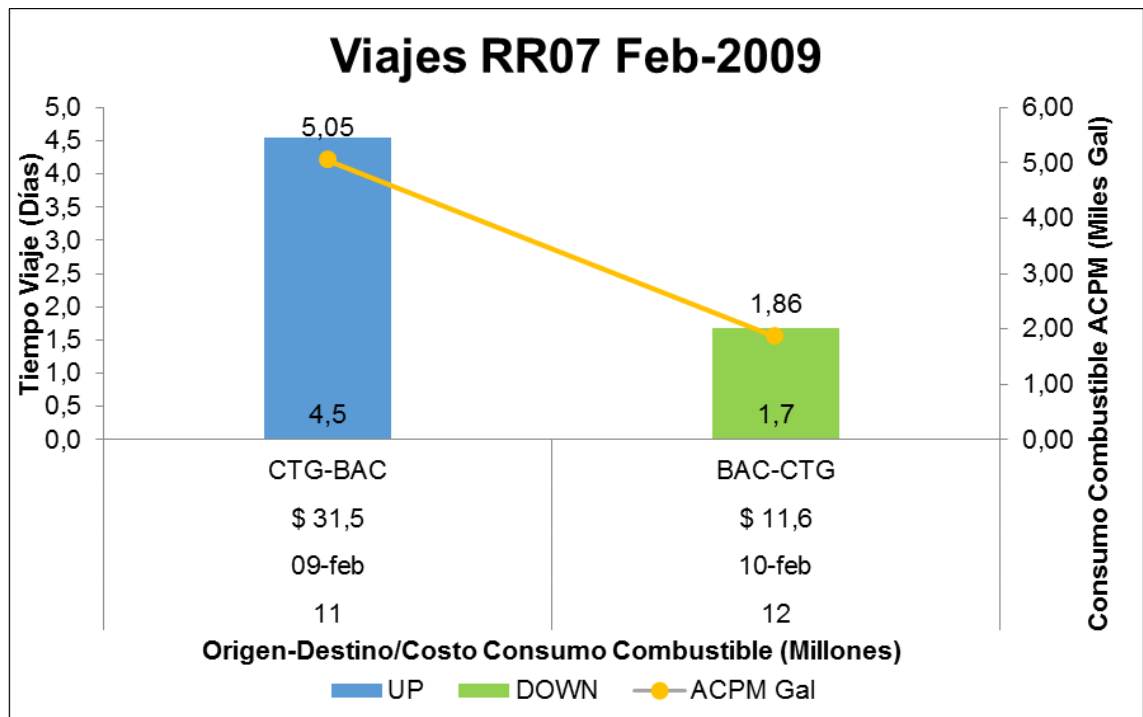
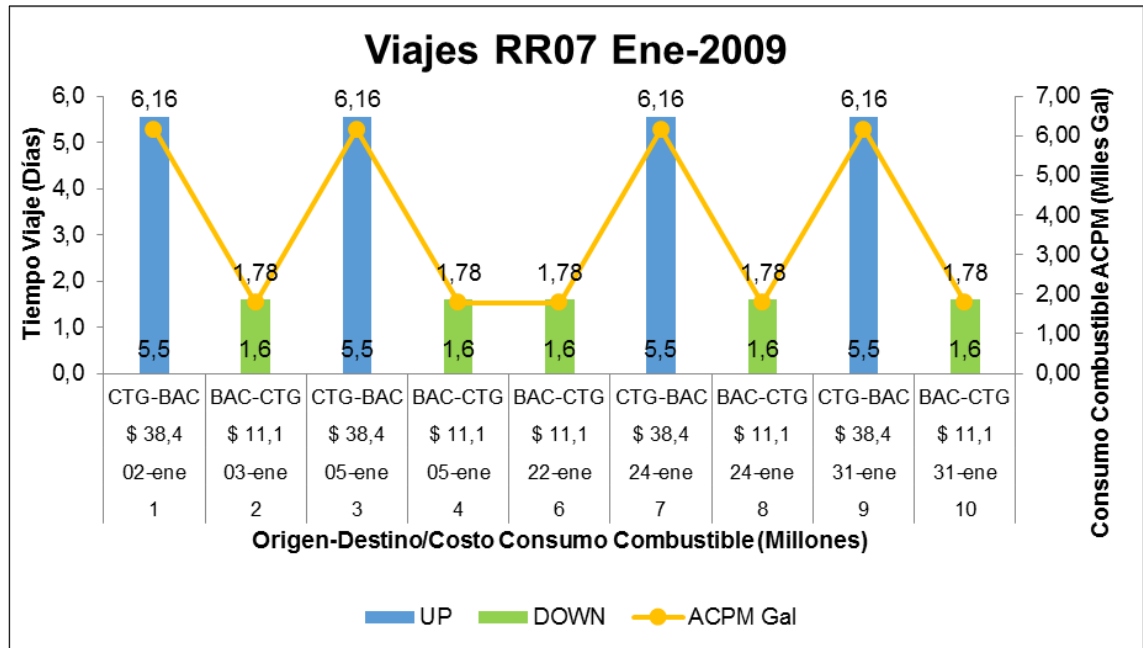
Anexo S. (Continuación)



Fuente: Propia.

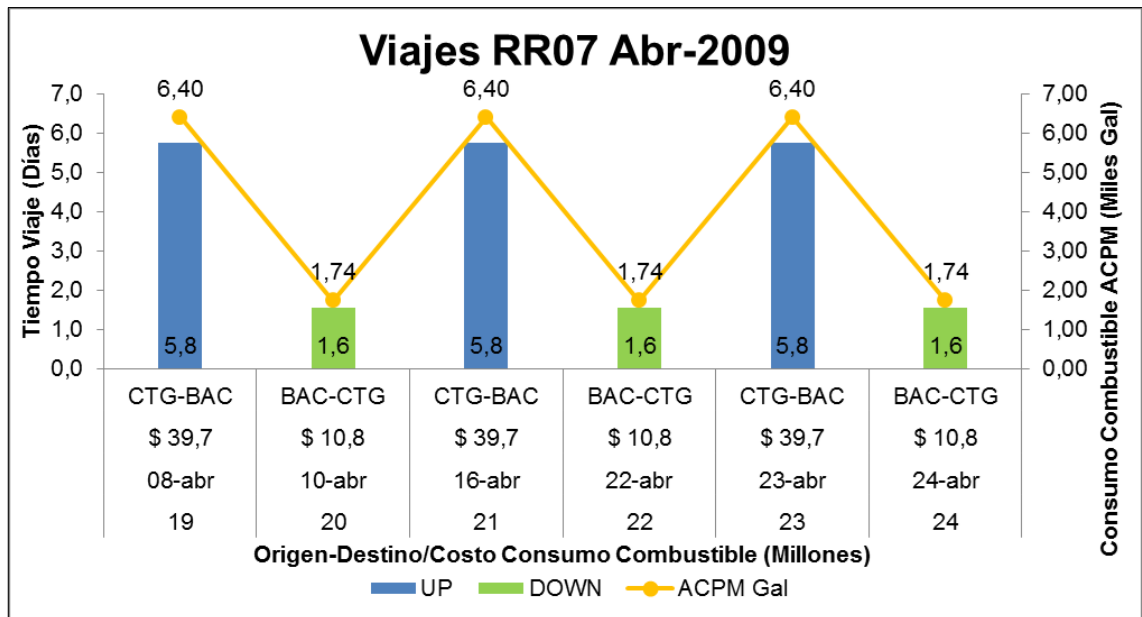
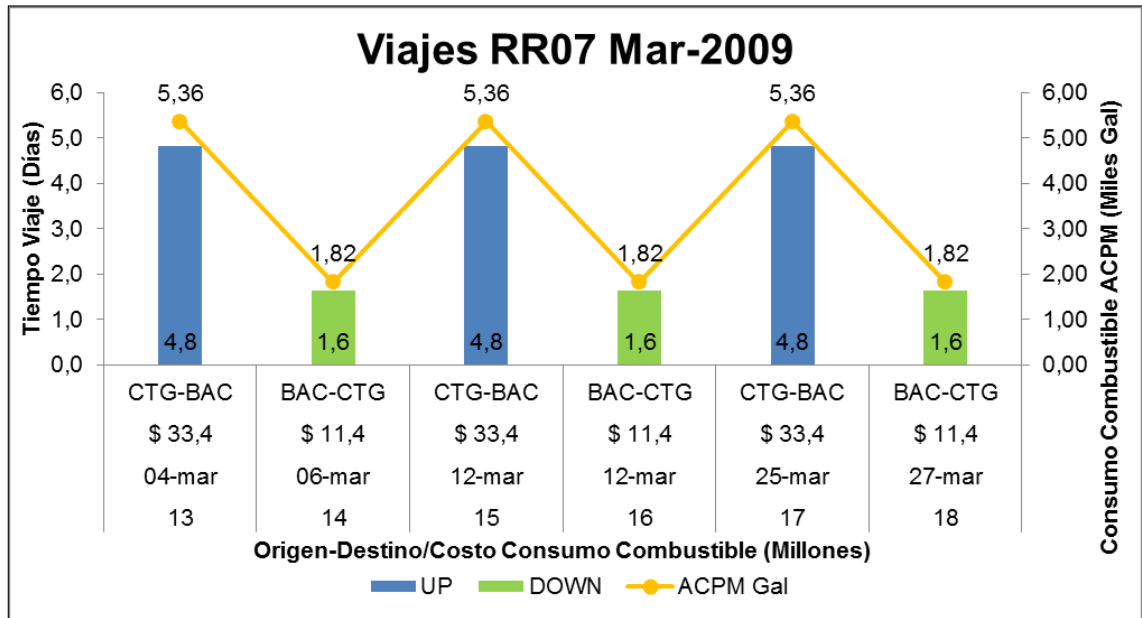


Anexo T. Viajes mensuales 2009 RR07.



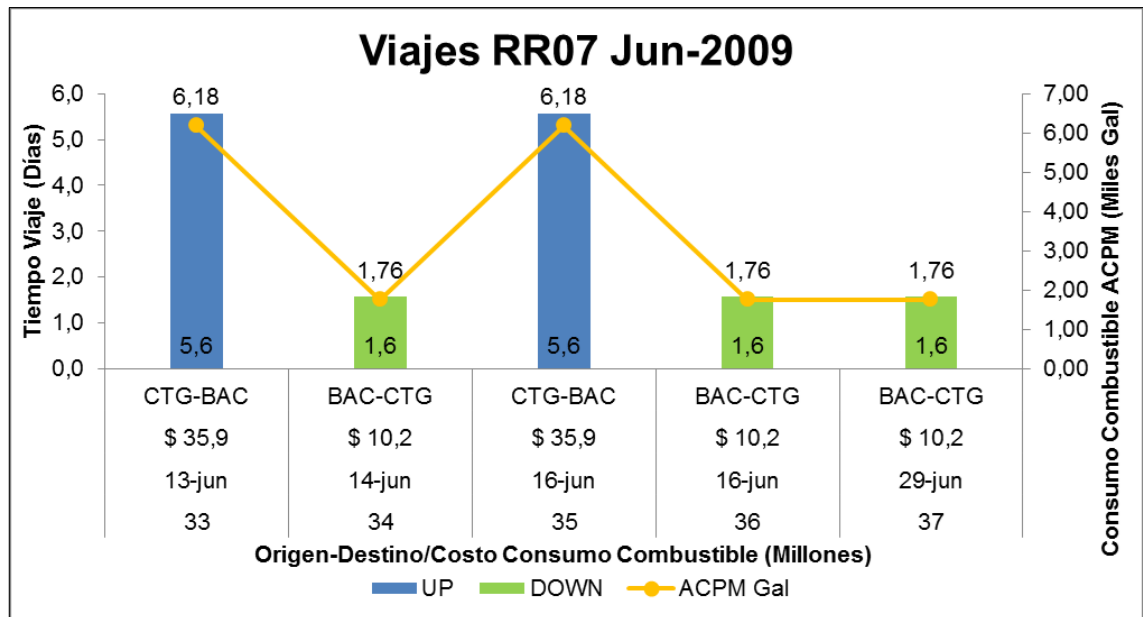
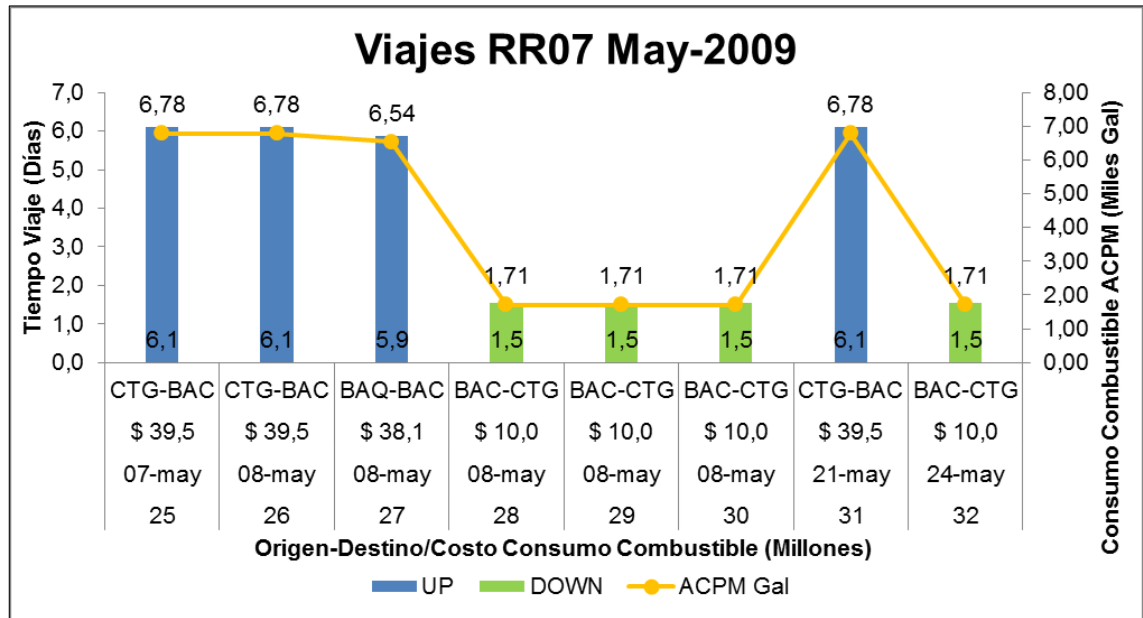
Fuente: Propia.

Anexo T. (Continuación)



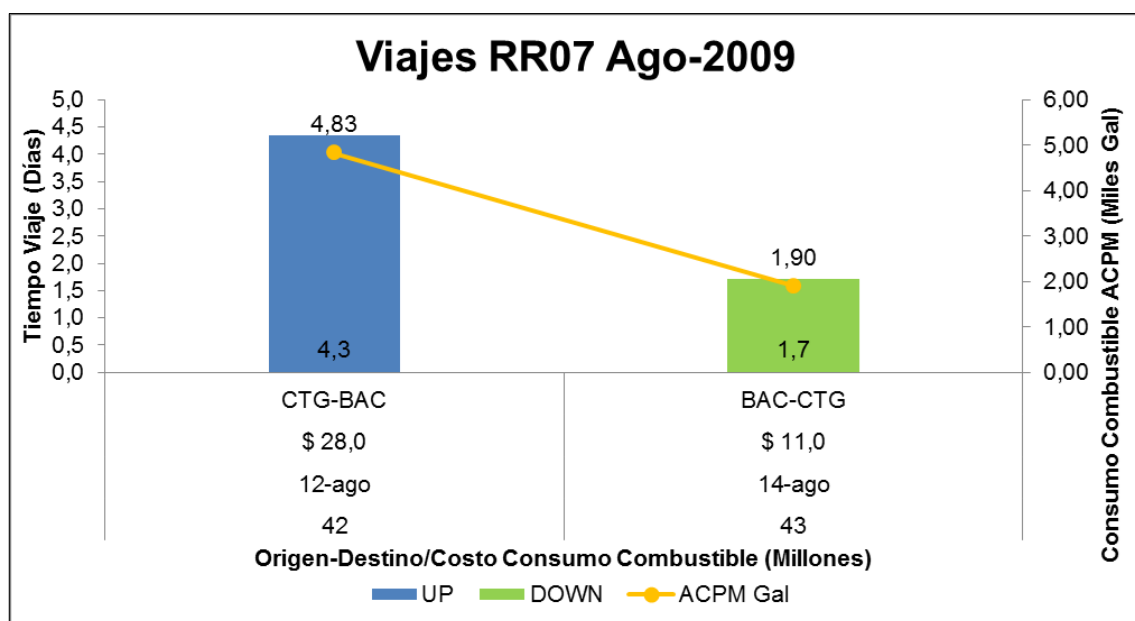
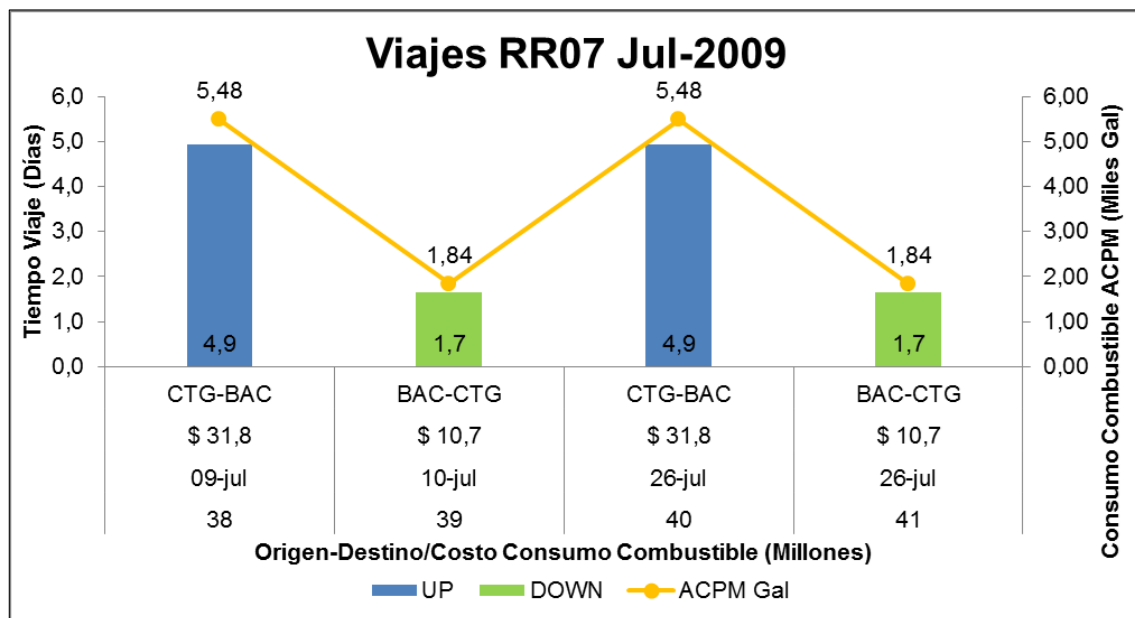
Fuente: Propia.

Anexo T. (Continuación)



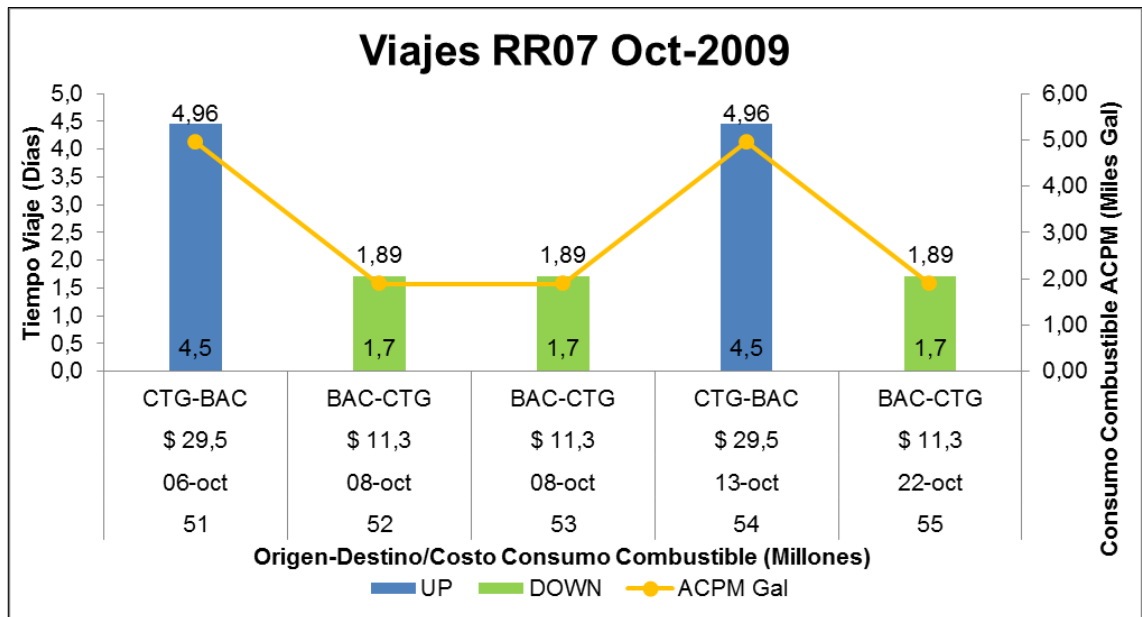
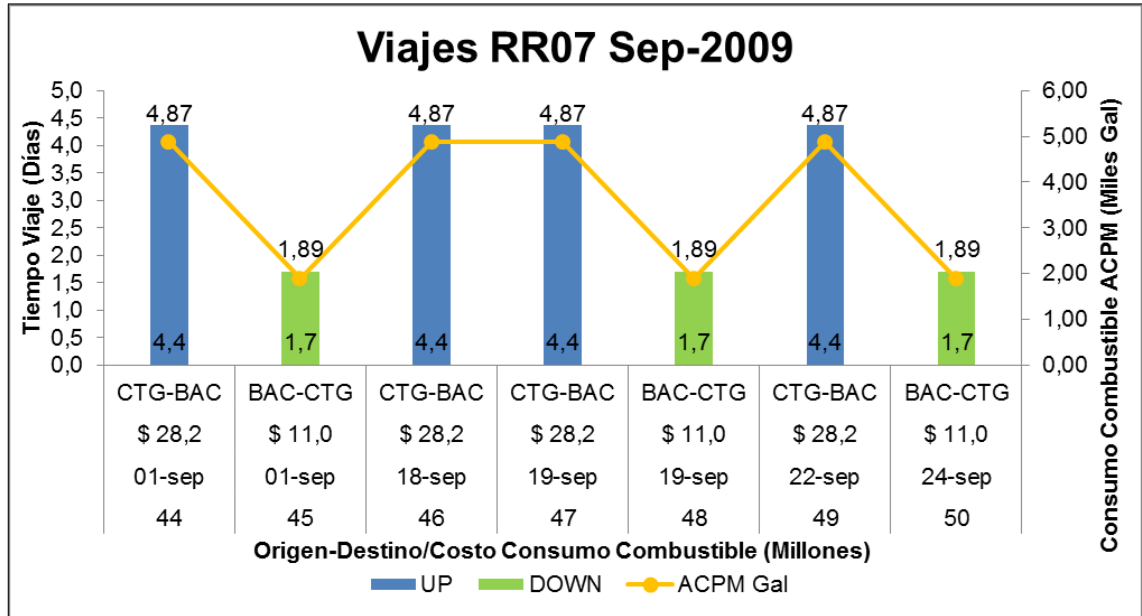
Fuente: Propia.

Anexo T. (Continuación)



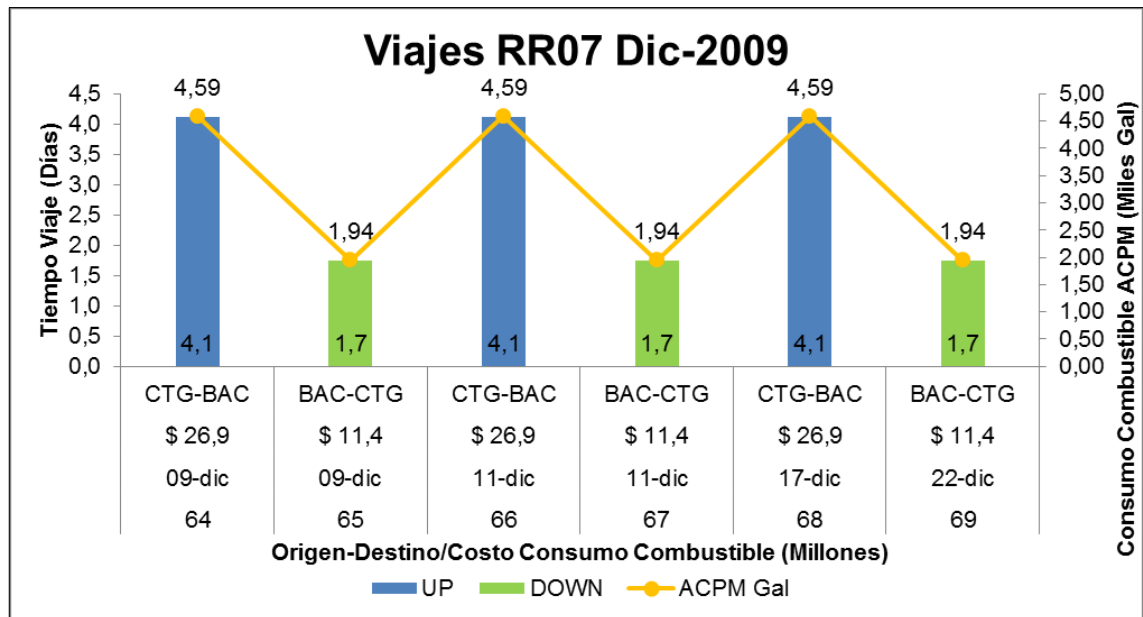
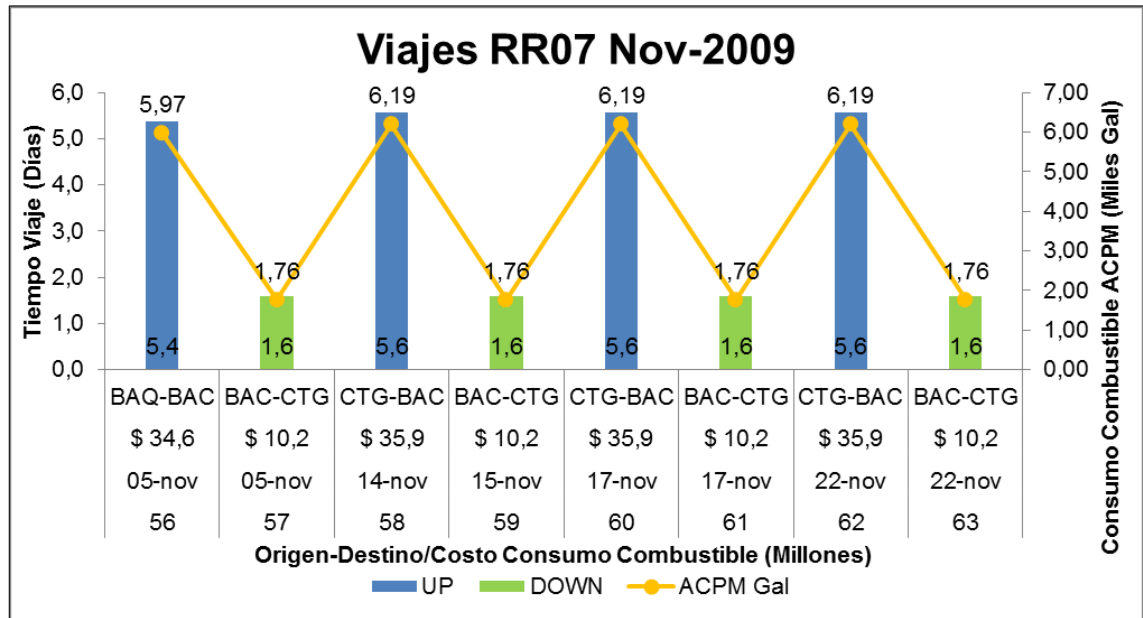
Fuente: Propia.

Anexo T. (Continuación)



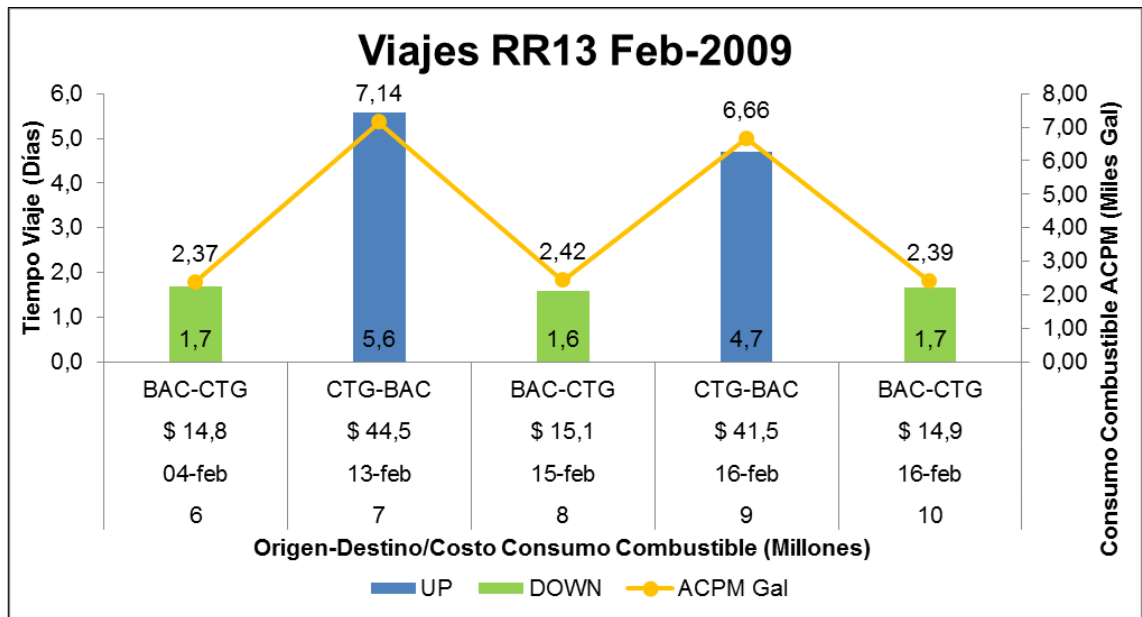
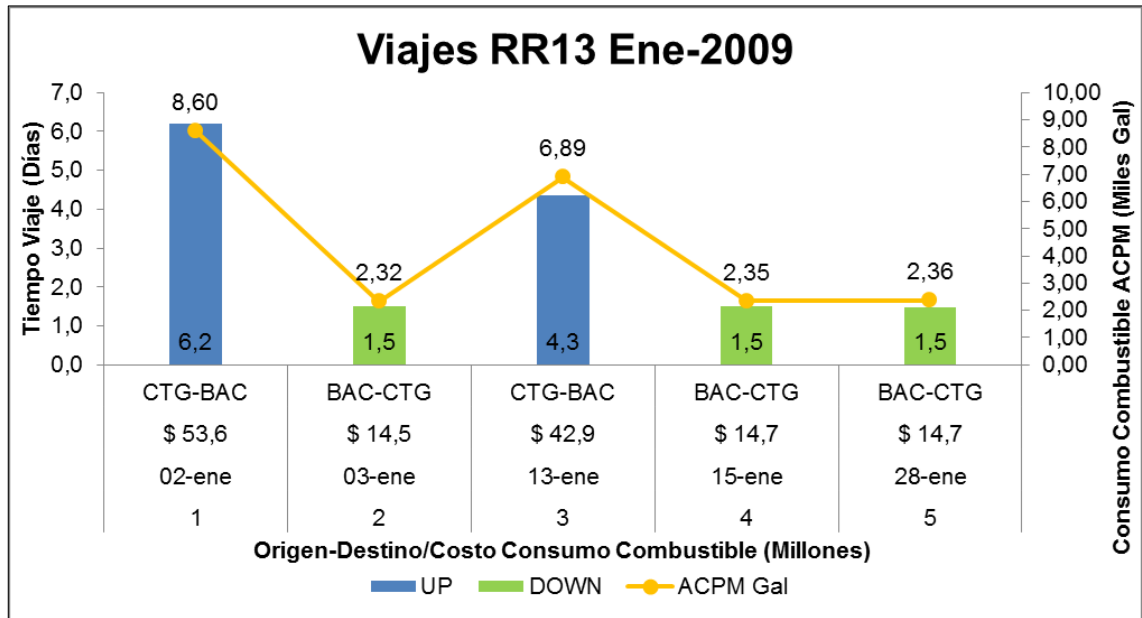
Fuente: Propia.

Anexo T. (Continuación)



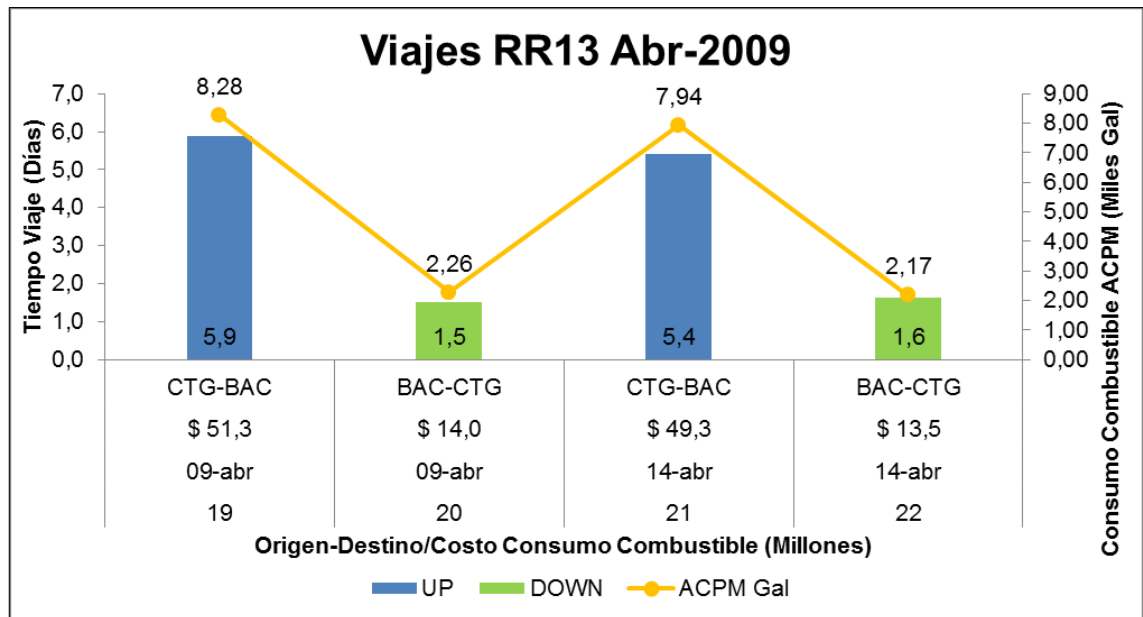
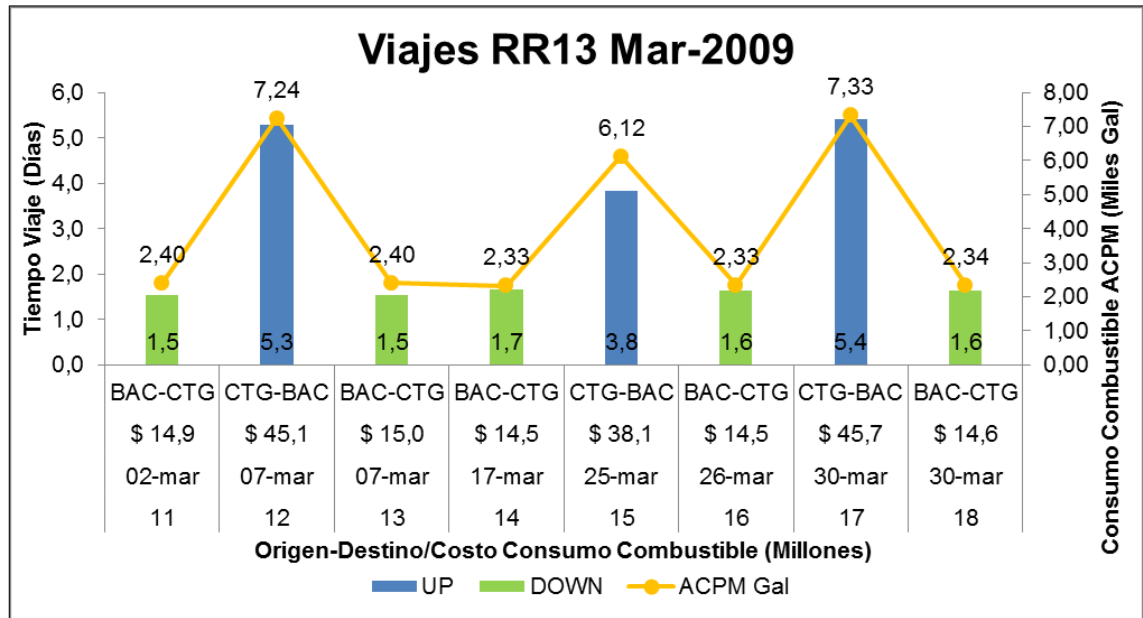
Fuente: Propia.

Anexo U. Viajes mensuales 2009 RR13.



Fuente: Propia.

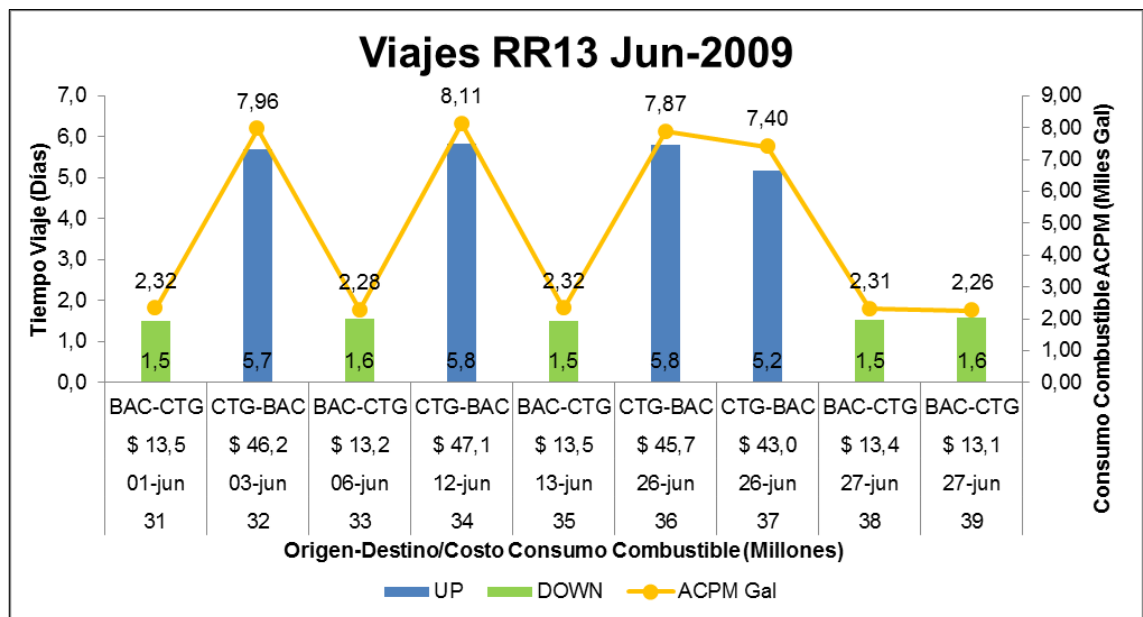
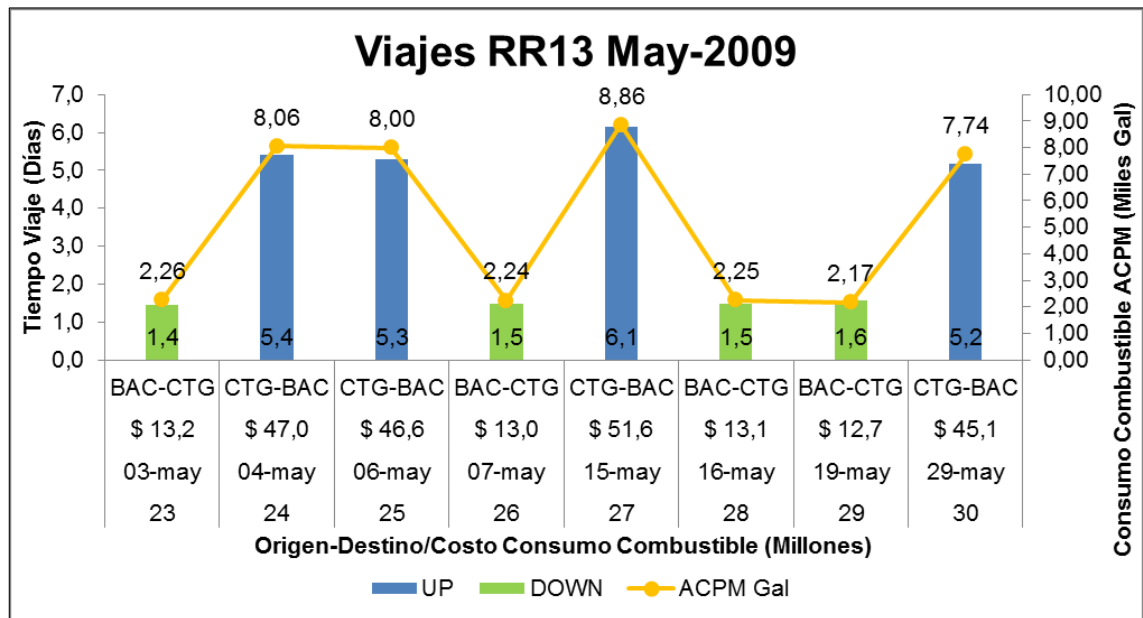
Anexo U. (Continuación)



Fuente: Propia.

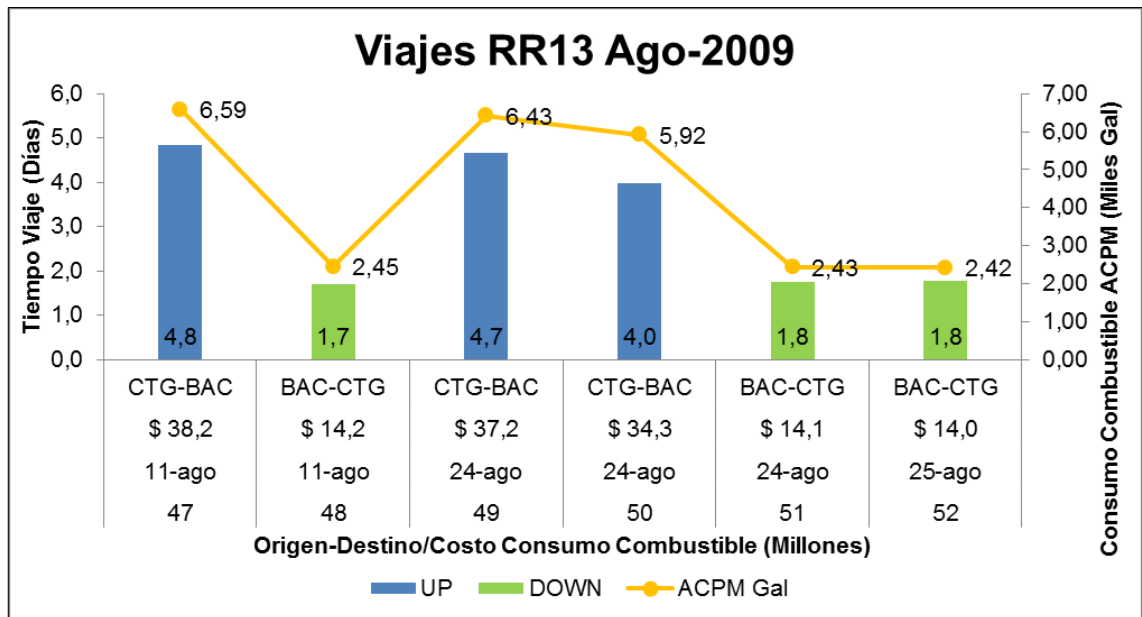
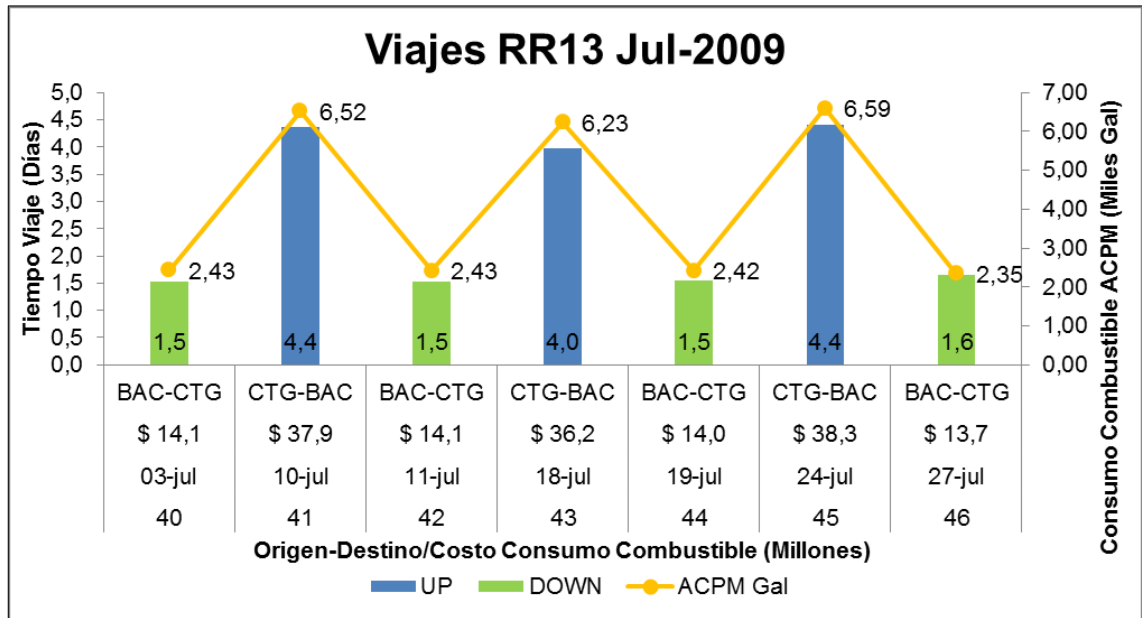


Anexo U. (Continuación)



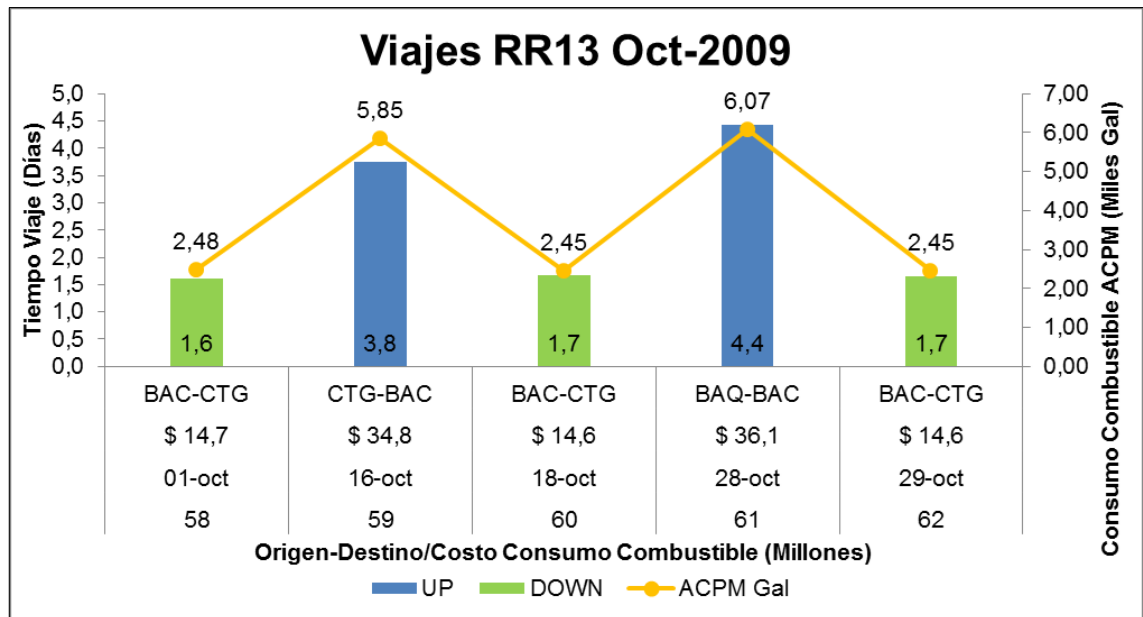
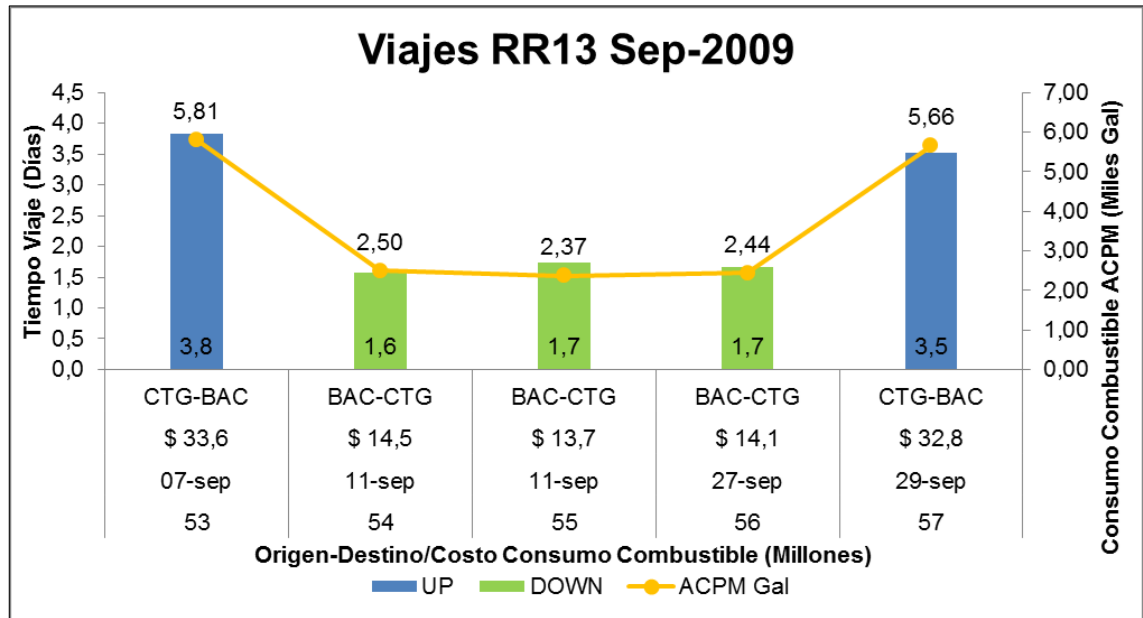
Fuente: Propia.

Anexo U. (Continuación)



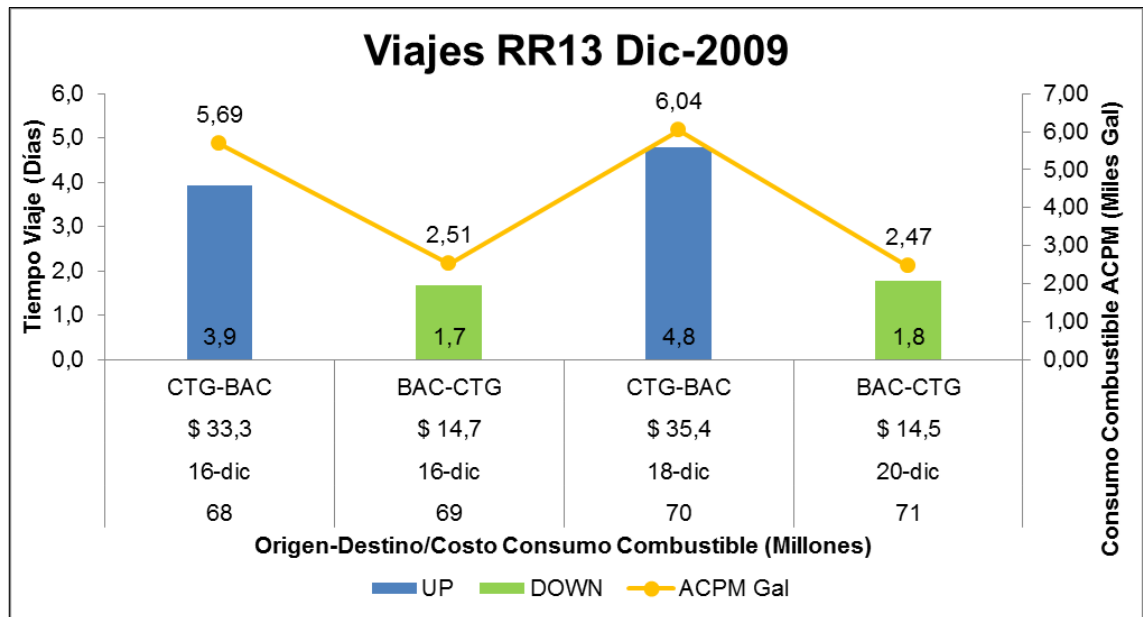
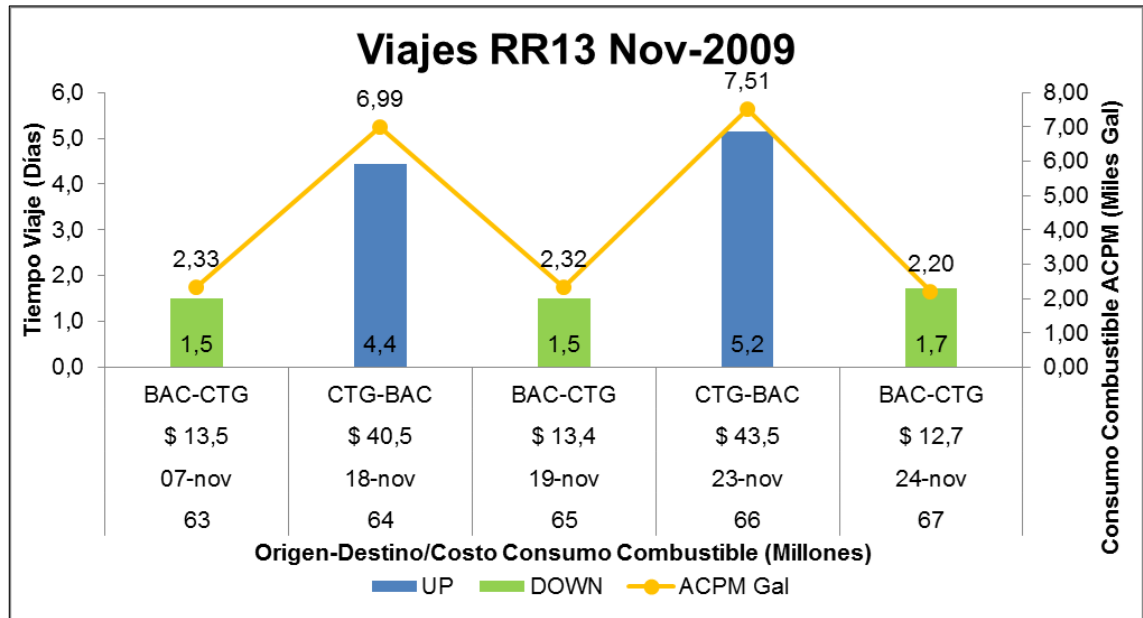
Fuente: Propia.

Anexo U. (Continuación)



Fuente: Propia.

Anexo U. (Continuación)



Fuente: Propia.

## Anexo V. Tarifas de viajes empresa naviera del sector para validación del modelo.



DESARROLLO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA CREACIÓN DE UNA POLÍTICA DE TARIFAS ÓPTIMAS EN EL TRANSPORTE FLUVIAL EN LA CUENCA DEL MAGDALENA, EN EL PRIMER SEMESTRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE LA COSTA – CUC  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Información real de tarifas de viajes para el transporte fluvial en la cuenca del Rio Magdalena.

VALIDACIÓN DEL MODELO - CONSULTA A EXPERTO															
Viaje Numero	Fecha	Origen	Destino	Remolcador	No Barcazas	Tiempo/Viaje				Consumo Combustible		Total Ton	Carga	Tarifa	Cliente
						Up		Down		Up	Down				
						Horas	Dias	Horas	Dias						
1	11-dic-12	Barranquilla	Barrancabermeja	Barranquilla	6	89				12987		4500	Sorgo	\$ 53.000,00	
2	16-oct-13	Barranquilla	Barrancabermeja	Barranquilla	6	157				15542		4446	Maiz - Cables y Alambres	\$ 53.000,00	
3	16-nov-13	Barranquilla	Barrancabermeja	Barranquilla	6							4814	Maiz - Hierro - Acero	\$ 53.000,00	
4	26-dic-13	Barranquilla	Barrancabermeja	Cartagena	3	224				8750		2467	Hierro - Acero	\$ 53.000,00	
5	28-mar-14	Barranquilla	Barrancabermeja	Barranquilla	4	100	8	40	3	9944	2856	3321	maiz-acero	\$ 53.000,00	
6	18-may-14	Barranquilla	Barrancabermeja	Barranquilla	4	108	6	na	na	13106	NA	3302	maiz	\$ 53.000,00	
8	08-jun-15	Barranquilla	Puerto Berrio	Cartagena	4	296	28		15	15976	3994	3387	maiz	\$ 63.000,00	
9	18-jun-15	Barrancabermeja	Cartagena	Barranquilla	4	109	6	80	6	6849	3960	14908	fuel oil	\$ 32.822,09	
10	10-jul-15	Barrancabermeja	Cartagena	Barranquilla	4	112	5	90	7	6271	4284	16918	fuel oil	\$ 32.822,09	

Pablo Gutierrez  
Naviera Central S.A.

Fuente: Naviera Central S.A.

# Anexo W. Informe transporte fluvial de carga.

REPUBLICA DE COLOMBIA MINISTERIO DE TRANSPORTE DIVISION CUENCA FLUVIAL DEL MAGDALENA				TRANSPORTE FLUVIAL DE CARGA DIVISION CUENCA FLUVIAL DEL MAGDALENA INSPECCION FLUVIAL DE BARRANCABERMEJA				CODIGO CUENCA 1 INSP 50		EMBARCACIONES MAYOR <input checked="" type="checkbox"/> MENOR <input type="checkbox"/>		ENTRADA <input type="checkbox"/> SALIDA <input checked="" type="checkbox"/>		FECHA Mayo / 2009		HOJA 1 DE			
LINEA No	ZARPE		RENDICION DE VIAJE	UNID. PROPULSORA	VIAJE No	BOTES PATENTE No.	PRODUCTO		UNID. CARGA	PUERTOS				DISTANCIA (KMS)	COMBUSTIBLE UNID. CANTIDAD GALONES	TIEMPO VIAJE HORAS	FLETES EN PESOS	Tiempo Carga Descarga en horas	Tiempo Espera Muelle Horas
	No	FECHA	FECHA	Patente No.			CODIGO	CANTIDAD (KGS)		ORIGEN RIO I.F. LUGAR	DESTINO RIO I.F. LUGAR								
1		3/05/09		1 00482	308	00655	3400	586602	4	001	50	012	003	80	001				
2		3/05/09		1 00482	308	00043	3400	734832	4	001	50	012	003	80	001				
3		3/05/09		1 00482	308	00178	3400	652212	4	001	50	012	003	80	001				
4		3/05/09		1 00482	308	00266	3400	854333	4	001	50	012	003	80	001				
5		3/05/09		1 00482	308	00414	3400	737100	4	001	50	012	003	80	001				
6		4/05/09		1 00684	420	00721	6000	060	0	001	50	012	003	80	001				
7		4/05/09		1 00684	420	00653	6000	060	0	001	50	012	003	80	001				
8		4/05/09		1 00684	420	00402	6000	060	0	001	50	012	003	80	001				
9		4/05/09		1 00684	420	00032	6400	060	0	001	50	012	003	80	001				
10		4/05/09		1 00684	420	00501	6000	060	0	001	50	012	003	80	001				
11		4/05/09		1 00684	420	00390	6000	060	0	001	50	012	003	80	001				
12		4/05/09	02	1 00540	281	00000	3300	1081230	4	001	50	012	003	80	001				
13		4/05/09	1	1 00540	281	00000	3300	962692	4	001	50	012	003	80	001				
14		4/05/09	1	1 00540	281	00000	3300	1074438	4	001	50	012	003	80	001				
15		4/05/09	1	1 00540	281	01323	3300	1078780	4	001	50	012	003	80	001				
16		4/05/09	1	1 00540	281	00044	3300	962492	4	001	50	012	003	80	001				
17		4/05/09	1	1 00540	281	00523	3300	1021231	4	001	50	012	003	80	001				
18		4/05/09	1	1 00286	508	00146	3400	584872	4	001	50	012	003	80	001				
19		4/05/09	1	1 00286	508	00351	3400	607441	4	001	50	012	003	80	001				
20		4/05/09	1	1 00286	508	00102	3400	783071	4	001	50	012	003	80	001				
21		4/05/09	1	1 00286	508	00529	3400	476114	4	001	50	012	003	80	001				
22		4/05/09	1	1 00286	508	00753	3400	982044	4	001	50	012	003	80	001				
23		4/05/09	1	1 00286	508	00617	3400	229976	4	001	50	012	003	80	001				
24		4/05/09	02 Mayo 02	1 00097	123	00000	6000	060	0	001	50	012	001	40	001				
25		7/05/09	1	1 00097	123	00826	3400	1183916	4	001	50	012	003	80	001				
26		7/05/09	1	1 00097	123	00828	3400	1183958	4	001	50	012	003	80	001				
27		7/05/09	1	1 00097	123	00020	3400	1188968	4	001	50	012	003	80	001				
28		7/05/09	1	1 00097	123	00374	3400	1112596	4	001	50	012	003	80	001				
29		7/05/09	1	1 00097	123	00289	3400	925780	4	001	50	012	003	80	001				
30		7/05/09	1	1 00097	123	00273	3400	832936	4	001	50	012	003	80	001				
31		8/05/09	1	1 00018	754	00542	3300	787441	4	001	50	012	003	80	001				
32		8/05/09	1	1 00018	754	01216	3300	645432	4	001	50	012	003	80	001				
33		8/05/09	1	1 00152	108	00474	3400	919622	4	001	50	012	003	80	001				
34		8/05/09	1	1 00152	108	00240	3400	874173	4	001	50	012	003	80	001				
35		8/05/09	1	1 00152	108	00520	3400	856460	4	001	50	012	003	80	001				
36		8/05/09	1	1 00152	108	00453	3400	891394	4	001	50	012	003	80	001				
37		8/05/09	1	1 00152	108	00492	3400	824478	4	001	50	012	003	80	001				
38		8/05/09	1	1 00152	108	00151	3400	872950	4	001	50	012	003	80	001				
39		8/05/09	1	1 00479	595	00429	3300	265856	4	001	50	012	003	80	001				
40		8/05/09	1	1 00479	595	00702	3300	365613	4	001	50	012	003	80	001				
41		8/05/09	1	1 00479	595	00100	3300	433432	4	001	50	012	003	80	001				
42		8/05/09	03	1 00627	486	00443	3700	348719	4	001	50	012	003	80	001				
43		8/05/09	1	1 00627	486	00442	3700	347982	4	001	50	012	003	80	001				
44		8/05/09	1	1 00627	486	00054	3700	346356	4	001	50	012	003	80	001				
45		8/05/09	1	1 00627	486	00938	3700	343820	4	001	50	012	003	80	001				

OTRA actividad zarpe escotero e recoger el zarpe en Capulao.

El Motor Mover 97,106 y 102 se debe en barranc.

Preparado por WILSON DE J. OSPINA S. 03 propulsores

SUBTOTAL

TOTAL

SUBTOTAL

TOTAL

Fuente: Intendencia Fluvial de Barrancabermeja.




Anexo X. Tablas de Excel transporte fluvial de carga.

FECHA ZARPE	EMPRESA	NOMBRE RR	No. Barcazas	NOMBRE PRODUCTO	CANTIDAD (Kg)	ORIGEN		DESTINO	
						Puerto	Intendencia	Puerto	Intendencia
03/05/2009	TRANSPORTES FLUVIALES COLOMBIANOS LTDA. "TRANSFLUCOL LTDA."	TRANSFLUCOL NUMERO SIETE (No. 7)	5	Fuel Oil (Combustoleo)	586.602	Galan	Barrancabermeja	Mamonal	Cartagena
03/05/2009	TRANSPORTES FLUVIALES COLOMBIANOS LTDA. "TRANSFLUCOL LTDA."	TRANSFLUCOL NUMERO SIETE (No. 7)		Fuel Oil (Combustoleo)	734.832	Galan	Barrancabermeja	Mamonal	Cartagena
03/05/2009	TRANSPORTES FLUVIALES COLOMBIANOS LTDA. "TRANSFLUCOL LTDA."	TRANSFLUCOL NUMERO SIETE (No. 7)		Fuel Oil (Combustoleo)	652.212	Galan	Barrancabermeja	Mamonal	Cartagena
03/05/2009	TRANSPORTES FLUVIALES COLOMBIANOS LTDA. "TRANSFLUCOL LTDA."	TRANSFLUCOL NUMERO SIETE (No. 7)		Fuel Oil (Combustoleo)	854.333	Galan	Barrancabermeja	Mamonal	Cartagena
03/05/2009	TRANSPORTES FLUVIALES COLOMBIANOS LTDA. "TRANSFLUCOL LTDA."	TRANSFLUCOL NUMERO SIETE (No. 7)		Fuel Oil (Combustoleo)	737.100	Galan	Barrancabermeja	Mamonal	Cartagena
04/05/2009	TRANSPORTES FLUVIALES COLOMBIANOS LTDA. "TRANSFLUCOL LTDA."	TRANSFLUCOL NUMERO CINCO (No. 5)	6	Ninguno	0	Galan	Barrancabermeja	Mamonal	Cartagena
04/05/2009	TRANSPORTES FLUVIALES COLOMBIANOS LTDA. "TRANSFLUCOL LTDA."	TRANSFLUCOL NUMERO CINCO (No. 5)		Ninguno	0	Galan	Barrancabermeja	Mamonal	Cartagena
04/05/2009	TRANSPORTES FLUVIALES COLOMBIANOS LTDA. "TRANSFLUCOL LTDA."	TRANSFLUCOL NUMERO CINCO (No. 5)		Ninguno	0	Galan	Barrancabermeja	Mamonal	Cartagena
04/05/2009	TRANSPORTES FLUVIALES COLOMBIANOS LTDA. "TRANSFLUCOL LTDA."	TRANSFLUCOL NUMERO CINCO (No. 5)		Ninguno	0	Galan	Barrancabermeja	Mamonal	Cartagena
04/05/2009	TRANSPORTES FLUVIALES COLOMBIANOS LTDA. "TRANSFLUCOL LTDA."	TRANSFLUCOL NUMERO CINCO (No. 5)		Ninguno	0	Galan	Barrancabermeja	Mamonal	Cartagena
04/05/2009	NAVIERA FLUVIAL COLOMBIANA S.A.	FRANCISCO ESTRADA	6	ACPM	1.081.230	Galan	Barrancabermeja	Mamonal	Cartagena
04/05/2009	NAVIERA FLUVIAL COLOMBIANA S.A.	FRANCISCO ESTRADA		ACPM	969.697	Galan	Barrancabermeja	Mamonal	Cartagena
04/05/2009	NAVIERA FLUVIAL COLOMBIANA S.A.	FRANCISCO ESTRADA		ACPM	1.074.438	Galan	Barrancabermeja	Mamonal	Cartagena
04/05/2009	NAVIERA FLUVIAL COLOMBIANA S.A.	FRANCISCO ESTRADA		ACPM	1.078.785	Galan	Barrancabermeja	Mamonal	Cartagena
04/05/2009	NAVIERA FLUVIAL COLOMBIANA S.A.	FRANCISCO ESTRADA		ACPM	962.497	Galan	Barrancabermeja	Mamonal	Cartagena
04/05/2009	NAVIERA FLUVIAL COLOMBIANA S.A.	FRANCISCO ESTRADA		ACPM	1.021.231	Galan	Barrancabermeja	Mamonal	Cartagena
04/05/2009	REMOLCADORES Y PLANCHONES S.A.	CIUDAD DE MEDELLIN	6	Fuel Oil (Combustoleo)	584.879	Galan	Barrancabermeja	Mamonal	Cartagena
04/05/2009	REMOLCADORES Y PLANCHONES S.A.	CIUDAD DE MEDELLIN		Fuel Oil (Combustoleo)	607.441	Galan	Barrancabermeja	Mamonal	Cartagena
04/05/2009	REMOLCADORES Y PLANCHONES S.A.	CIUDAD DE MEDELLIN		Fuel Oil (Combustoleo)	783.071	Galan	Barrancabermeja	Mamonal	Cartagena
04/05/2009	REMOLCADORES Y PLANCHONES S.A.	CIUDAD DE MEDELLIN		Fuel Oil (Combustoleo)	476.114	Galan	Barrancabermeja	Mamonal	Cartagena
04/05/2009	REMOLCADORES Y PLANCHONES S.A.	CIUDAD DE MEDELLIN		Fuel Oil (Combustoleo)	982.044	Galan	Barrancabermeja	Mamonal	Cartagena
04/05/2009	REMOLCADORES Y PLANCHONES S.A.	CIUDAD DE MEDELLIN		Fuel Oil (Combustoleo)	229.976	Galan	Barrancabermeja	Mamonal	Cartagena

Fuente.

Propia.

 <b>UNIVERSIDAD DE LA COSTA</b> <small>1978</small>	<b>NORMAS PARA LA ENTREGA DE TESIS Y TRABAJOS DE GRADO A LA UNIDAD DE INFORMACION</b>	VERSION: 02
		FECHA: Junio 2012
		CODIGO: DOC-VACRE-NETGUDI

**ANEXO 1**  
**CARTA DE ENTREGA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS Y TRABAJOS DE GRADO**

Barranquilla, Fecha

Marque con una X

Tesis ☐ Trabajo de Grado ☒

Yo Idalina Rosa Moreno Medina, identificado con C.C. No. 55.313.081, actuando en nombre propio y como autor de la tesis y/o trabajo de grado titulado Desarrollo de un modelo de simulación para la creación de una política de tarifas en el transporte fluvial en la cuenca del Magdalena presentado y aprobado en el año 2015 como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial; hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (DVD) y autorizo a la UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento.

Y autorizo a la Unidad de información, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad de la Costa, CUC, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en la página Web de la Facultad, de la Unidad de información, en el repositorio institucional y en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la institución y Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato DVD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.


EL AUTOR - ESTUDIANTES, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad ante la misma. PARÁGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, EL ESTUDIANTE - AUTOR, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos, la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Barranquilla D.E.I.P., a los 27 días del mes de Agosto de Dos Mil Quince 2015.

EL AUTOR - ESTUDIANTE.

  
**FIRMA**



 <b>UNIVERSIDAD DE LA COSTA</b> <small>1978</small>	<b>NORMAS PARA LA ENTREGA DE TESIS Y TRABAJOS DE GRADO A LA UNIDAD DE INFORMACION</b>	VERSION: 02
		FECHA: Junio 2012
		CODIGO:DOC-VACRE-NETGUDI

**ANEXO 1**  
**CARTA DE ENTREGA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS Y TRABAJOS DE GRADO**

Barranquilla, Fecha

Marque con una X

Tesis ☐ Trabajo de Grado ☒

Yo Jonathan Sandoval Karom, identificado con C.C. No. 1042349644, actuando en nombre propio y como autor de la tesis y/o trabajo de grado titulado Desarrollo de un modelo de simulación para la creación de una política de tarifas en el transporte fluvial en la cuenca del Magdalena presentado y aprobado en el año 2015 como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial; hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (DVD) y autorizo a la UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento.


Y autorizo a la Unidad de información, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad de la Costa, CUC, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en la página Web de la Facultad, de la Unidad de información, en el repositorio institucional y en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la institución y Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato DVD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR - ESTUDIANTE, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad ante la misma. PARÁGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, EL ESTUDIANTE - AUTOR, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos, la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Barranquilla D.E.I.P., a los 27 días del mes de Agosto de Dos Mil Quince 2015.

EL AUTOR - ESTUDIANTE. Jonathan Sandoval Karom.  
**FIRMA**

	<b>NORMAS PARA LA ENTREGA DE TESIS Y TRABAJOS DE GRADO A LA UNIDAD DE INFORMACION</b>	VERSION: 02
		FECHA: Junio 2012
		CODIGO:DOC-VACRE-NETGUDI

**ANEXO 1**  
**CARTA DE ENTREGA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS Y TRABAJOS DE GRADO**

Barranquilla, Fecha

Marque con una X

Tesis ☐ Trabajo de Grado ☒

Yo Michael Sandoval-Karam, identificado con C.C. No. 1042348307, actuando en nombre propio y como autor de la tesis y/o trabajo de grado titulado Desarrollo de un modelo de simulación para la creación de una política de tarifas en el transp. fluvial en la cuenca del Magdalena presentado y aprobado en el año 2015 como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial;

hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (DVD) y autorizo a la UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento.

Y autorizo a la Unidad de información, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad de la Costa, CUC, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en la página Web de la Facultad, de la Unidad de información, en el repositorio institucional y en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la institución y Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato DVD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.


EL AUTOR - ESTUDIANTES, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad ante la misma. PARÁGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, EL ESTUDIANTE - AUTOR, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos, la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Barranquilla D.E.I.P., a los 27 días del mes de Agosto de Dos Mil Quince 2015.

EL AUTOR - ESTUDIANTE.

Michael Sandoval-Karam

**FIRMA**

 <b>UNIVERSIDAD DE LA COSTA</b> <small>1970</small>	<b>NORMAS PARA LA ENTREGA DE TESIS Y TRABAJOS DE GRADO A LA UNIDAD DE INFORMACION</b>	VERSION: 02
		FECHA: Junio 2012
		CODIGO: DOC-VACRE- NETGUDI

**ANEXO 2**  
**FORMULARIO DE LA DESCRIPCIÓN DE LA TESIS O DEL TRABAJO DE GRADO**

TÍTULO COMPLETO DE LA TESIS O TRABAJO DE GRADO:

Desarrollo de un modelo de simulación para la creación de una política de tarifas en el transporte fluvial en la cuenca del Magdalena

SUBTÍTULO, SI LO TIENE:

\_\_\_\_\_

**AUTOR AUTORES**

Apellidos Completos	Nombres Completos
Harenco Medina	Idalina Rosa
Sandoval Karam	Jonathan
Sandoval Karam	Michael

**DIRECTOR (ES)**

Apellidos Completos	Nombres Completos
Herazo Padilla	Nilson

**JURADO (S)**

Apellidos Completos	Nombres Completos
Uribe Martes	Carlos
Ferre Correa	Jose

**ASESOR (ES) O CODIRECTOR**


Apellidos Completos	Nombres Completos
Nieto Izaza	Santiago

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Industrial

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA: Pregrado ☒ Especialización ☐

NOMBRE DEL PROGRAMA Ingeniería Industrial

	<b>NORMAS PARA LA ENTREGA DE TESIS Y TRABAJOS DE GRADO A LA UNIDAD DE INFORMACION</b>	VERSION: 02
		FECHA: Junio 2012
		CODIGO:DOC-VACRE-NETGUDI

CIUDAD: Barranquilla AÑO DE PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO: 2015

NÚMERO DE PÁGINAS 194

**TIPO DE ILUSTRACIONES:**

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Ilustraciones                | <input type="checkbox"/> Planos      |
| <input type="checkbox"/> Láminas                                 | <input type="checkbox"/> Mapas       |
| <input type="checkbox"/> Retratos                                | <input type="checkbox"/> Fotografías |
| <input checked="" type="checkbox"/> Tablas, gráficos y diagramas |                                      |

**MATERIAL ANEXO** (Vídeo, audio, multimedia o producción electrónica):

Duración del audiovisual: \_\_\_\_\_ minutos.

Número de casetes de vídeo: \_\_\_\_\_ Formato: VHS \_\_\_\_\_ Beta Max \_\_\_\_\_ ¾ \_\_\_\_\_ Beta Cam \_\_\_\_\_

Mini DV \_\_\_\_\_ DV Cam \_\_\_\_\_ DVC Pro \_\_\_\_\_ Video 8 \_\_\_\_\_ Hi 8 \_\_\_\_\_

Otro. Cuál? \_\_\_\_\_

Sistema: Americano NTSC \_\_\_\_\_ Europeo PAL \_\_\_\_\_ SECAM \_\_\_\_\_

Número de casetes de audio: \_\_\_\_\_

Número de archivos dentro del DVD (En caso de incluirse un DVD diferente al trabajo de grado): \_\_\_\_\_

**PREMIO O DISTINCIÓN** (En caso de ser LAUREADAS o tener una mención especial): \_\_\_\_\_

**DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:** Son los términos que definen los temas que identifican el contenido. (En caso de duda para designar estos descriptores, se recomienda consultar con la Unidad de Procesos Técnicos de la Unidad de información en el correo biblioteca@cuc.edu.co, donde se les orientará).

**ESPAÑOL**

**INGLÉS**

_____	_____
_____	_____
_____	_____

**RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS:**(Máximo 250 palabras-1530 caracteres):

_____
_____
_____
_____
_____